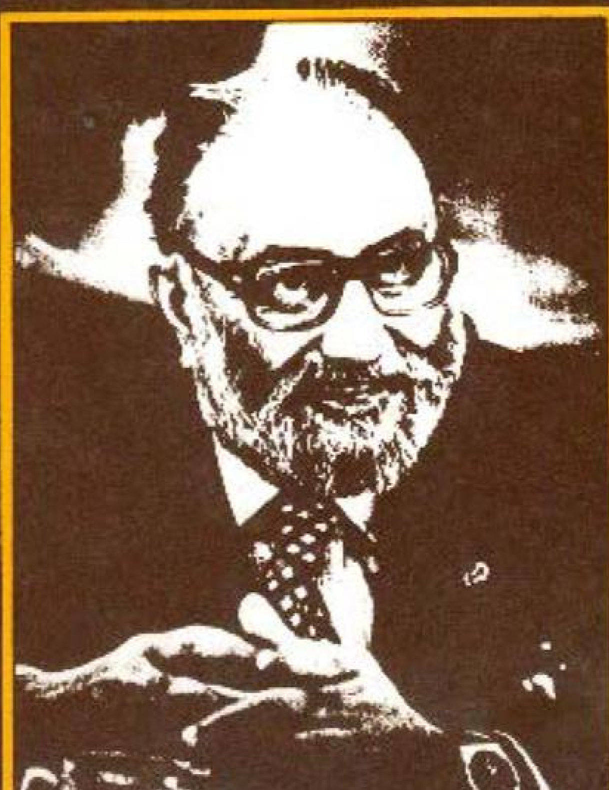
ڈاکٹر عبدالسلام

اساسی قوتوں کی یکجائی

ترجمہ: ڈاکٹر انیس عالم



مشعل

اساسی قوتوں کی یکجائی

ڈاکٹر عبدالسلام

ترجمہ: ڈاکٹر انیس عالم

مشعل

آر۔ بی 5 ' سیکنڈ فلور' عوامی کمپلیکس

عثمان بلاک' نیو گارڈن ٹاؤن' لاہور54600' پاکستان

اساسی قوتوں کی یکجائی

ڈاکٹر عبدالسلام
ترجمہ: ڈاکٹر انیس عالم

ناشر: مشعل
آر-بی-5، سیکنڈ فلور،
عوامی کمپلیکس، عثمان بلاک، نیو گارڈن ٹاؤن،
لاہور 54600، پاکستان
فون وفیکس: 042-35866859
Email: mashbks@brain.net.pk

پیش لفظ

کبھی کبھار سائنس بظاہر مختلف النوع مظاہر کو یکجا کرنے میں کامیاب ہوجاتی ہے۔ یہ یکجائیتیں سائنس کے سب سے زیادہ متاثر کرنے والے کارناموں میں سے ہیں۔ یکجائیت کا مطلب اس ضمن میں یہ سمجھنا ہے کہ بظاہر مختلف اثرات کس طرح درحقیقت ایک ہی اساسی شے کے اظہار ہیں۔ مثال کے طور پر انیسویں صدی میں برق اور مقنا طیسیت کو یکجا کیا گیا۔ یہ دونوں ظاہراً تو مختلف ہیں لیکن بڑے ہی قریبی انداز میں باہم ملے ہوئے ہیں اور عام حالات میں انھیں ایک دوسرے کے بغیر تصور میں لانا ناممکن ہے۔

طبیعیات کے میدان میں اس صدی کی یکجائیتوں میں سے ایک برقناطیسیت کا کمزور (نیوکلیائی) قوت کے ساتھ اتحاد ہے۔ یہ دونوں قوتیں ظاہراً بالکل مختلف ہیں۔ برقناطیسیت ایٹمی سے فلکیاتی ہر فاصلے پر فعال ہے۔ اس برخلاف کمزور قوت صرف ایٹمی نیوکلیوں کی گہرائیوں (مثال کے طور پر) میں تابکاری کے مظہر کی علت ہے۔ اس یکجائیت کا سہرا بڑی حد تک تین لوگوں کے سر ہے۔ شیلڈن گلاشو، عبدالسلام اور سٹیون وائین برگ۔ انھوں نے دو برطانوی طبیعیات دانوں پیٹر ہگز اور ٹام کبل (Tom Kible) کے ابتدائی نظری خیالات کو استعمال کیا۔ آخرتا ایک ولندیزی نظری طبیعیات دان جیرارڈ ٹی ہوفٹ نے مساواتوں کو ایسی شکل میں وضع کیا کہ کوئی بھی قابل طبیعیات دان انھیں معمول کے طریقوں سے استعمال کر سکے۔ ان سب کے تجربی مضمرات (یہ تجربات کامیاب رہے ہیں اور انھوں نے سلام کے نظریہ کی تصدیق کردی ہے۔) آج کل سرن، فرمی لیب (Fermi Lab) اور

سٹین فورڈ کے نئے اونچے درجے کی توانائی کے کولائیڈروں (Colliders) میں ٹیسٹ کئے جا رہے ہیں۔ طبیعیات کی ایک بالکل نئی شاخ جنم لے رہی ہے بالکل اسی طرح جس طرح پچھلی صدی میں برقناطیسیت نے جنم لیا تھا۔

اس جلد میں عبدالسلام، جو الیکٹرو ویک یکجائیت کے دریافت کنندوں میں سے ایک ہیں، ماضی اور حال کی طبیعیات میں یکجائیتوں کے بارے میں لکھتے ہوئے مستقبل کی امیدوں کو بیان کر رہے ہیں۔ یہ ساری مہم جوئی کوانٹم میکانیات کے فریم ورک میں کی جا رہی ہے جس کے بڑے معماروں میں ایک عظیم برطانوی سائنس دان پال ڈیراک تھا۔ یہ جلد ایک ڈیراک میموریل لیکچر پر مبنی ہے جو کیمبرج یونیورسٹی میں ۱۹۸۸ء میں دیا گیا تھا۔

سلام اور الیکٹرو ویک نظریہ کے دوسرے لکھاریوں نے کوانٹم نظریہ کے اندر رہتے ہوئے ہی اپنا کام تمام کیا۔ کوانٹم نظریہ کا فریم ورک اس صدی کے پہلے نصف میں وضع ہوا تھا۔ اور اس نظریہ کے عظیم بانیوں میں سے ورنر ہائزن برگ اور پال ڈیراک تھے۔ ان دونوں کا ایک ایک لیکچر بھی اس جلد میں شامل کیا گیا ہے۔ یہ بھی سلام کے لیکچر کی طرح تخلیقی نظری طبیعیات دانوں کے خیالات کے بارے میں سحر آفریں بصیرتیں فراہم کرتے ہیں۔

جان سی ٹیلر

کیمبرج یونیورسٹی (۱۹۹۰ء)

''عرض مترجم''

میں نے ۱۹۶۰ء میں اسلامیہ کالج سول لائنز لاہور بی ایس سی آنرز میں داخلہ لیا۔ طبیعیات اور ریاضی میرے پسندیدہ مضامین تھے۔ یہ دور لاہور کی علمی اور ادبی تاریخ میں اچھا خاصا بارونق تھا۔ ہر کالج میں مختلف مضامین کی سوسائٹیاں فعال تھیں۔ اسلامیہ کالج سول لائنز میں پروفیسر حمید احمد خان پرنسپل تھے۔ شعبہ طبیعیات کے سربراہ علی گڑھ کے تحصیل شدہ پروفیسر عبدالحمید بیگ تھے۔ ان کی سربراہی میں فزکس سوسائٹی بڑی فعال تھی۔ ہر ہفتہ، دو ہفتہ بعد کوئی نہ کوئی طبیعیات دان شعبہ میں لیکچر کے لیے مدعو ہوتا۔ ان لیکچروں سے مجھے پہلی بار طبیعیات کی باریکیوں کا احساس ہوا اور مجھ میں نظری طبیعیات میں کام کرنے کی خواہش پیدا ہوئی۔ اسلامیہ کالج میں قیام کے تین سال میں مجھے پروفیسر ریاض الدین، ڈاکٹر اشفاق احمد، ڈاکٹر نسیم احمد خان، ڈاکٹر عبدالغنی، ڈاکٹر انعام الرحمان اور ڈاکٹر فضل باری ملک جیسے طبیعیات دانوں سے ملاقات کا شرف حاصل ہوا۔ یہ سب حضرات پاکستان اٹامک انرجی کمیشن کے لاہور مرکز سے وابستہ تھے۔ انھی حضرات نے میرے دل میں طبیعیات کو اپنا کیریئر بنانے کی خواہش پیدا کی۔ یہ زمانہ میری ذہنی نشو ونما کے لیے بڑا اہم تھا۔ میں نے بے شمار کتب پڑھیں جن میں بیسویں صدی کی طبیعیات کے بانیوں آئن سٹائن، پلانک، بوہر، بورن، ہائزن برگ، ڈی بروگلی، ڈیراک کے علاوہ دوسرے مشہور سائنس دانوں مادام کیوری، جیمز جینز، ایڈنگٹن کی تحریریں بھی شامل تھیں جن میں ان ماہرین نے جدید طبیعیات کی باریکیوں کو آسان زبان میں سمجھانے کی کوشش کی ہے۔

۱۹۶۲ء کے دوران میں نے جارج گیمو کی کتاب ''مسٹر ٹامکن ان ونڈر لینڈ'' پڑھی۔ یہ علم کائنات، اضافیت اور کوانٹم نظریہ کے متعلق نہایت ہی دلچسپ کتاب ہے۔ میں نے اس کتاب کا اردو میں ترجمہ کیا۔ پروفیسر حمید احمد خان بہت خوش ہوئے اور انھوں نے

اس ترجمے کو مکتبہ فرینکلن اور مجلس ترقی ادب کے اشتراک سے شائع کروایا۔ یہ مقبول عام سائنس کے ضمن میں میرا پہلا تجربہ تھا۔ بعد میں شیخ غلام علی اینڈ سنز نے اس ترجمے کا دوسرا ایڈیشن ۱۹۶۸ء میں شائع کیا۔ آج کل یہ ترجمہ دستیاب نہیں ہے۔

۱۹۶۴ء میں ایم ایس سی فزکس کا امتحان دینے کے بعد مجھے بیرون ملک اعلیٰ تعلیم کے لیے وظیفہ دیا گیا۔ پروفیسر حمید احمد خان نے پروفیسر عبدالسلام سے امپیریل کالج میں رابطہ کیا اور اس طرح میں نومبر ۱۹۶۴ء کے پہلے ہفتے میں پروفیسر سلام کے قائم کردہ شعبہ نظری طبیعیات میں تعلیم کے لیے امپیریل کالج لندن پہنچا۔ لیکن پروفیسر عبدالسلام اس سال اطالوی ساحلی شہر ٹریسٹ منتقل ہو چکے تھے جہاں انہوں نے بین الاقوامی مرکز برائے نظری طبیعیات کے پہلے ڈائریکٹر کے طور پر ذمہ داریاں سنبھالی تھیں۔ وہ مہینے میں ایک دوبار تشریف لاتے تھے۔ انہوں نے ہماری کوئی کلاس نہیں لی لیکن ان سے ایک دو بار ملاقات ہوئی جس میں انہوں نے میری ہمت افزائی کی۔

یہ دور ذراتی طبیعیات میں بڑا ہنگامہ خیز تھا۔ فروری ۱۹۶۴ء میں ''اومیگا'' ذرہ دریافت ہوا تھا جس نے ذراتی طبیعیات کی بنیادی اکائیوں ''کوارکوں'' کے وجود کی نشان دہی کی تھی۔ پروفیسر عبدالسلام کا تحقیقاتی گروپ اس میدان میں بہت فعال تھا۔ انہی سالوں میں پروفیسر نے وہ تحقیق کی جن کی بناء پر وہ ۱۹۶۷ء میں اپنا مشہور مقالہ پیش کر سکے جس میں برقناطیسی اور کمزور نیوکلیائی قوتوں کو یکجا کرنے کا نظریہ پیش کیا گیا تھا۔ یہی نظریہ آزادانہ طور پر امریکی طبیعیات دان سٹیون وائن برگ نے بھی وضع کیا تھا۔ ۱۹۷۹ء میں پروفیسر عبدالسلام کو سٹیون وائن برگ اور شیلڈن گلاشو کے ساتھ طبیعیات کا نوبل انعام دیا گیا۔ اس وقت مجھے پروفیسر عبدالسلام کے ان مقالات کی اہمیت کا اندازہ نہ ہو سکا تھا کیونکہ میں اپنے پی ایچ ڈی کے مقالے میں مصروف تھا جو نسبتاً آسان موضوعات سے متعلق تھا۔ ۱۹۶۷ء کے آخر میں میں نے اپنا پی ایچ ڈی کا کام مکمل کر لیا۔ اکتوبر ۱۹۶۷ء میں مجھے ڈگری دی گئی اور میں پاکستان واپس آ گیا۔

لیکن ذراتی طبیعیات میں میری دلچسپی کی بدولت سے میرا پروفیسر عبدالسلام سے رابطہ رہا۔ اور میں ہر سال دو سال بعد بین الاقوامی مرکز برائے نظری طبیعیات ٹریسٹ میں مدعو ہوتا رہا۔ پروفیسر عبدالسلام سے میری آخری ملاقات لندن میں اگست ۱۹۹۳ء میں

ہوئی۔ اس ماہ انہوں نے طبیعت کے زیادہ خراب ہونے کے باعث مرکز سے علیحدگی اختیار کر لی اور آکسفورڈ منتقل ہو گئے تھے۔ ۱۹ نومبر ۱۹۹۶ء میں انہوں نے وفات پائی۔ اس طرح عبدالسلام صاحب سے تمیں سالہ رابطہ تمام ہوا۔ وہ میرے بڑے مہربان تھے اور میرے تمام کیریئر کے دوران انہوں نے مجھ سے مشفقانہ برتاؤ جاری رکھا۔

۵۷۔۱۹۸۵ء کے دوران مجھے بین الاقوامی مرکز برائے نظری طبیعیات، ٹریسٹ میں ڈیڑھ سال کا عرصہ گزارنے کا موقع ملا۔ اپنے قیام کے دوران میں نے پروفیسر عبدالسلام کے مضامین جو اسی سال سنگا پور کے اشاعتی ادارے ورلڈ سائنٹیفک نے ایک کتاب ''خواب اور حقیقتیں'' کے نام سے شائع کیے تھے، اردو میں منتقل کیے۔ اس زمانے کی مسموم علمی فضا میں اردو ترجمہ فوراً منظر عام پر نہ آسکا۔ کئی سال بعد فرنٹیر پوسٹ پبلی کیشنز لاہور نے یہ مضامین شائع کیے۔

۱۹۹۳ء میں کیمبرج یونیورسٹی پریس نے مجھ سے رابطہ کیا کہ میں ان کی انگریزی میں شائع کردہ کتاب ''اساسی قوتوں کی یکجائیت'' کا اردو ترجمہ پاکستان میں شائع کروانے میں ان کی مدد کروں۔ اس کتاب میں پروفیسر عبدالسلام کا ڈیراک لیکچر، پروفیسر ڈیراک اور پروفیسر ہائزن برگ کے لیکچر بھی شامل کیے گئے ہیں۔

پروفیسر عبدالسلام کے انتقال کے بعد مجھے تحریک ہوئی کہ میں پروفیسر عبدالسلام کی تحریر کو منظر عام پر لاؤں۔ چنانچہ میں نے تیزی سے ترجمہ مکمل کیا۔

کتاب کی ایڈیٹنگ، پروف ریڈنگ اور کمپوزنگ میں میرے عزیز طالب علم رسول بخش بہرام نے اعانت فراہم کی ہے اور ''مشعل'' کا ادارہ اسے شائع کر رہا ہے۔

میری خوش قسمتی ہے کہ مجھے پروفیسر عبدالسلام کی کتاب ''اساسی قوتوں کی یکجائیت'' کا ترجمہ کرنے کا شرف حاصل ہوا ہے۔ مجھے امید ہے کہ جس طرح اس کتاب نے مجھے متاثر کیا اسی طرح قارئین بھی اس کتاب سے مستفید ہوں گے۔

انیس عالم

پروفیسر، شعبہ طبیعیات، پنجاب یونیورسٹی، لاہور

۲۴ مئی ۱۹۹۷ء

فہرست

"نظریہ، تنقید اور فلسفہ"

ورنر ہائزنبرگ

ابتدائی کلمات، عبدالسلام

۱۷۴۸ء میں ایران کے شہنشاہ نادر شاہ نے ہندوستان پر چڑھائی کر دی۔ ہندوستان کے عظیم مغل تاجدار کو شکست فاش دی۔ دارالسلطنت دہلی مفتوح ہوا۔ دونوں تاجداران نے صلح کی شرائط طے کرنے کے لیے ملاقات کی۔ باہمی بات چیت کے نتیجے میں مشہور زمانہ تخت طاؤس دہلی سے ایران منتقل کرنے کا فیصلہ ہوا۔ شکست خوردہ ہندوستانی بادشاہ نے وزیراعظم آصف جاہ کو حکم دیا کہ وہ صلح کو حتمی بنانے کے لئے دونوں تاجداروں کو جام پیش کرے۔ اب وزیراعظم کو مخمصہ یہ درپیش تھا کہ وہ پہلا جام کسے پیش کرے؟ اگر وہ پہلے اپنے بادشاہ کو جام پیش کرتا ہے تو ممکن ہے کہ ایرانی فاتح بادشاہ سبکی محسوس کرتے ہوئے اپنی تلوار سے وزیراعظم موصوف کا سر ہی نہ قلم کردے۔ اگر وہ پہلا جام ایرانی حملہ آور کو پیش کرے تو ممکن ہے کہ خود اس کا اپنا بادشاہ ناراض ہوجائے۔ ایک لمحے کی سوچ کے بعد وزیراعظم کو ایک شاندار حل سوجھا۔ اس نے سونے کی ایک تھالی میں دو جام رکھ کر اپنے امیر کو پیش کیے اور یہ کہتے ہوئے رخصت چاہی کہ حضور والا آج یہ میرا اعزاز نہیں کہ میں جام سے پیش کروں کیونکہ صرف ایک بادشاہ ہی دوسرے بادشاہ کا جام صحت تجویز کرسکتا ہے۔

اس حوالے سے میں بھی اپنے مضمون کے ایک استاد اعلیٰ پروفیسر ڈیراک (Dirac) سے درخواست کرتا ہوں کہ وہ دوسرے استاد اعلیٰ پروفیسر ورنر ہائزنبرگ (Heisenberg) کا تعارف کروائیں۔

پروفیسر ڈیراک کے تعارفی کلمات

میرے پاس ورنر ہائزنبرگ کے ایک ممدوح ہونے کی بہت سی وجوہات ہیں۔

کیونکہ وہ اور میں ، ایک ہی وقت میں ایک ہی مسئلے پر کام کرنے والے دونو جوان محقق طلباء تھے۔ہم دونوں تقریباً ہم عمر بھی تھے۔گو کامیابی ہائزنبرگ کو ملی اور میں ناکام رہا۔ اس زمانے میں طیفی اعداد وشمار کی خاصی بڑی مقدار دستیاب تھی۔ ہائزنبرگ نے اس گتھلک کو ترتیب دینے کا درست طریقہ دریافت کیا۔ اس طرح اس نے ،نظری طبیعیات کے سنہری دور کا آغاز کیا۔اس کی دریافت کے چند سال بعد کسی بھی متوسط اوسط صلاحیت کے حامل طالب علم کے لئے اعلیٰ درجے کا کام کرنا ممکن ہو گیا تھا۔ یہ میری خوش قسمتی تھی کہ مستقبل میں ان کے ساتھ مجھے سفر کرنے کے خاصے مواقع میسر آئے۔

جاپان میں جہاں ہماری بڑی خاطر تواضع ہوئی، مجھے معلوم ہوا کہ وہ نہ صرف اعلیٰ درجہ کے کوہ پیما ہیں بلکہ انہیں بلندی پر اپنا توازن قائم رکھنے میں بھی بڑی مہارت حاصل ہے۔ایک دفعہ ہمیں ایک ایسے بلند مینار پر چڑھنا پڑا جس کی انتہائی بلندی پر ایک چبوترہ تھا، جس کے چاروں طرف پتھر کی فصیل تھی۔ اس کے چاروں کونوں پر چھ انچ مربع کی برجیاں بنی ہوئی تھیں۔ ہائزنبرگ پہلے تو دیوار پر چڑھا پھر اس کے بعد کونے پر نصب برجی پر بھی جا چڑھا۔ وہ وہاں محض چھ انچ مربع اینٹ پر بغیر کسی سہارے کے انتہائی بلندی کے خطرات سے بے نیاز ہر سمت کا نظارہ کرتا رہا۔اسی اثناء میں مَیں پریشان رہا کہ اگر ہوا کا کوئی تیز جھونکا اس کے توازن کو بگاڑ دیتا تو اس کے نتائج کس قدر خطرناک ہوتے۔

ورنر ہائزنبرگ (Werner Heisenberg) کا لیکچر

طبیعیات میں میرے پہلے قدم

خوبصورت تعارف کے لئے میں ڈیراک کا بے حد مشکور ہوں۔گزرے دنوں کی طبیعیات کے بارے میں اپنی یادوں کا رشتہ میں اس طریق کار کے بارے میں سوالوں سے جوڑنا چاہوں گا جو نظری طبیعیات میں استعمال کئے جاتے ہیں۔ اس بارے میں بہت سے مختلف نکتہ ہائے نگاہ ہیں۔کوئی مظاہراتی نظریات وضع کرتا ہے تو کوئی اور وقیع ریاضیاتی

سکیمیں بناتا ہے۔ اس کے علاوہ بعض فلسفیانہ موشگافیوں میں بھی پڑ جاتے ہیں۔ طبیعیات کے میدان میں تحقیق کرتے ہوئے میں نے تجربات حاصل کیے ان کے پس منظر میں یہاں تمام مذکورہ بالا طریقوں کا تجزیہ کرنا چاہوں گا۔

یونیورسٹی میں میرے داخلے کے فوراً بعد ہی میونخ یونیورسٹی میں نظری طبیعیات کے پروفیسر سومر فیلڈ میرے کمرے میں آئے اور بولے ''تم ایٹمی طبیعیات میں دلچسپی رکھتے ہو؟ کیا تم ایک مسئلہ کو حل کرنے کی کوشش کرو گے؟'' اس زمانے میں ایٹمی طبیعیات تو دور کی بات ہے طبیعیات کے بارے میں بھی مجھے کچھ زیادہ معلوم نہ تھا لیکن پھر بھی مسئلہ حل کرنے میں میں بے حد دلچسپی رکھتا تھا۔ انہوں نے مجھے کہا کہ فکر نہ کرو کوئی زیادہ پیچیدہ نہیں ہے۔ اس میں کوئی اعلیٰ درجے کی ریاضیاتی گنجلکیں بھی نہیں ہیں۔ یہ تو ایک لفظی معمے (Crossword) کی طرح ہے۔ مسئلہ کچھ اس طرح سے تھا۔ انہیں حال ہی میں زیمین اثر (Zeeman Effect) کے نتیجے میں حاصل ہونے والی طیفی لائنوں کے نئے فوٹوگراف ملے تھے۔ میرا خیال ہے کہ یہ طیفی فوٹوگراف ٹیوبنجن (Tubingen) میں کسی تجربی طبیعیات دان نے لئے تھے۔ سومر فیلڈ نے مجھے کہا ''ان طیفی لائنوں کو بوہر کے نظریہ کے مطابق حاصل کرنے کی کوشش کریں۔ ان لائنوں سے متعلقہ توانائی سطحوں کا حساب اس طرح سے کریں کہ ہر لائن دو توانائی سطحوں کے درمیان فرق کے نتیجے میں ظہور پذیر ہوتی ہوئی معلوم ہو۔ پھر ہر توانائی سطح کے متعلقہ کوانٹم نمبر بھی معلوم کریں۔ اس طرح سے آپ اصل تصویر کو حاصل کرنے میں کامیاب ہو جائیں گے۔'' اصل صورت حال یہ تھی کہ فارمولے میں توانائی کو کوانٹم نمبر اور اس طرح کی چیزوں کے تفاعل (Function) کے طور پر سامنے آنا چاہیے۔ میری پہلی کوشش فوراً ناکامی کا شکار ہوئی۔ کیونکہ دوران تحقیق مجھے معلوم ہوا کہ اعداد کو کوانٹم نمبروں کے طور پر استعمال کرنے کے بجائے مجھے نصف اعداد جیسے کہ نصف، تین نصف وغیرہ ہم کو کوانٹم نمبروں کے طور پر استعمال کرنا پڑے گا۔ اس نتیجے سے سومر فیلڈ کو بے حد حیرت ہوئی۔ اس کا خیال تھا کہ یہ سب بالکل غلط تھا۔ میرے ہم جماعت دوست ولف گانگ پالی (Wolfgang Pauli) نے اس مسئلے پر اپنے خیال کا اظہار کرتے ہوئے کہا ''اگر آپ نصف عددی کوانٹم نمبروں کو متعارف کراتے ہیں تو پھر جلد ہی آپ اعداد کے چوتھائی اور پھر اعداد کے دسویں کو بھی کوانٹم نمبر قبول کریں گے اور آخر تا آپ تسلسل تجزیے پر

واپس لوٹ آئیں گے جو وہی پرانی کلاسیکی طبیعیات ہوگی۔'' تھوڑے عرصے کے بعد ہمارے تحقیقی گروپ میں کئی اور لوگ بھی شامل ہو گئے۔ جن میں پالی اور ہونل (Honl) کے علاوہ چند اور معتبر نام بھی تھے۔ اس بارے میں جلد ہی یہ حقیقت آشکارا ہوئی کہ نصف عددی کوانٹم نمبروں کا تعارف لازمی ہے۔ اس زمانے میں ہمارا گروپ ایسے نوجوان محققین پر مشتمل تھا جو سب مل کر مظاہراتی طبیعیات پر تحقیق کر رہے تھے۔ طبیعیات کے اس شعبہ میں ایسے فارمولو کی ایجاد کی جاتی ہے جو تجزیاتی نتائج کی کامیاب توجیہہ کر سکتے ہوں۔ اسی طرح لانڈے (Lande) کا فارمولا دریافت کیا گیا اور سومرفیلڈ۔ ہونل (Sommerfield (Honl- کا ملٹی پلٹ فارمولا (Multiplet Formula) وضع کیا گیا۔

مظاہراتی نظریہ

مذکورہ بالا کوششوں میں سے ایک نے مجھے اچھا خاصا متاثر کیا جسے میں یہاں بیان کرنا چاہوں گا۔ چونکہ اس طرح سے میں مظاہراتی نظریات کی محدود اطلاقی قوت کا ثبوت بھی فراہم کر سکوں گا۔

سومرفیلڈ نے مجھے گوٹنگن (Gottingen) کے فوائٹ (Voight) کا ایک پرانا مقالہ دکھایا جو اس نے بوہر کے نظریے سے پہلے ۱۹۱۳ء میں تحریر کیا تھا۔ اس مقالے میں فوائٹ نے سوڈیم لائنوں میں بے قاعدہ زیمین اثر کی توجیہہ کے لئے ایک نظریہ پیش کیا تھا۔ اس نظریہ میں فوائٹ نے دو اہم مربوط خطی اہتزازوں کو اس طرح سے ترتیب دیا تھا جس کے نتیجے میں سوڈیم کی دونوں لائنیں حاصل ہو جاتیں۔ وہ باہمی ربط میں تبدیلی کے ذریعے بے ضابطہ زیمین اثر کو بھی حاصل کر سکتا تھا۔ وہ پاشن۔ بیک اثر (Paschan-Back Effect) طیفی لائنوں کی شدت وغیرہ کو درست حالت میں حاصل کرنے میں بھی کامیاب ہوا تھا۔ عمومی طور پر وہ تجرباتی مشاہدات کی بڑی تسلی بخش توجیہہ پیش کر سکتا تھا۔ سومرفیلڈ نے مجھے ہدایت کی کہ میں فوائٹ کے نتائج کو کوانٹم کے نظریے کی مدد سے بیان کرنے کی کوشش کروں۔ یہ کام مجھ سے خلاف توقع بڑی آسانی سے ہو گیا۔ مجھے توانائی سطحوں اور لائنوں کی شدت کے لئے خاصے پیچیدہ اور طویل فارمولے حاصل ہوئے جن میں مقناطیسی میدان اور کپلنگ مستقل کے مربعوں کے جذر (square Root) آتے

تھے۔ لیکن پھر بھی ان فارمولوں سے تجربی مشاہدات کی توجیہہ بڑی تسلی بخش ہوتی تھی۔ میں نے مظاہراتی بیان کی مذکورہ بالا مثال اس لئے پیش کی ہے کہ وہ بے حد کامیابی سے تجربی مشاہدات کو بیان کرتی تھی۔ لیکن سوال یہ پیدا ہوا کہ اس کا کوانٹم نظریہ سے تعلق کیا بنتا ہے؟ چھ سال بعد جب ہمیں کوانٹم میکانیات دستیاب ہوا تو جورڈان (Jordan) اور میں نے انہی توانائی سطحوں اور شدتوں کو کوانٹم میکانیات کی مدد سے حاصل کرنے کی کوشش کی۔ ہمیں بالکل وہی فارمولے حاصل ہوئے جو اس سے قبل فوائٹ نے حاصل کئے تھے۔ اس طرح ایک طرح سے تو یہ کہا جا سکتا ہے کہ مظاہراتی نظریات بہت کامیاب رہتے ہیں۔ پھر بھی زیر مطالعہ مظہر فطرت کی طبعی یا ان چیزوں کے بارے میں حقیقی طور پر ایٹم کے اندر ہوتی ہیں کے بارے میں وہ ہمیں کوئی حقیقی معلومات فراہم نہیں کرتے۔ یہ درست ہے کہ بالآخر نتیجہ نکل ہی آتا ہے۔ مثلاً کہا جا سکتا ہے کہ کوانٹم نظریہ کی مدد سے بے قاعدہ زیمین اثر کا حساب لگانے کے لئے ایک اضطرابی (Purturbation) مسئلہ حل کرنا پڑتا ہے۔ یہ مسئلہ ایک ''سیکولر ڈٹرمی ننٹ (Secular Determinent) کی شکل میں حاصل ہوتا ہے جو دراصل بہت سے نامعلوموں کے ساتھ کئی خطی مساواتوں کا سیٹ ہے۔ اس طرح ہی یہ بات سمجھ میں آجاتی ہے کہ یہ دونوں کے ڈھانچوں میں بہت بنیادی فرق ہے۔

مذکورہ بالا مظاہراتی کوششوں کی حقیقی کامیابی ذرا مختلف تھی۔ ہم نے بہت سے کیسوں میں تجرباتی مشاہدات سے حاصل ہونے والے فارمولوں کا بوہر نظریے سے موازنہ کیا۔ ہر دفعہ عجیب وغریب بات ہوتی۔ ان فارمولوں کو مکمل قطعیت کے ساتھ بوہر نظریے سے حاصل کرنا ہمیشہ ہی ناممکن ہوتا۔ پھر بھی بوہر نظریے سے ہم ایسے فارمولے حاصل کرنے میں ضرور کامیاب ہو جاتے جو حقیقی فارمولوں سے حیران کن حد تک مماثلت رکھتے تھے۔ مثلاً اگر بوہر نظریے سے ہمیں زاویائی مقدار حرکت کا مربع متوقع ہوتا تو تجربی نتائج ہمیں J(J+1) دیتے۔ آج کل تو ہم ان نتائج کو بخوبی سمجھ لیتے ہیں چونکہ یہ محض گروپوں کے نمائندے ہیں۔ لیکن اس زمانے میں یہ نتائج نہایت حیران کن تھے۔ چونکہ اس کا مطلب یہ تھا کہ بوہر نظریہ درست بھی ہے لیکن ساتھ ہی ساتھ اس میں کوئی سقم بھی موجود ہے۔ اور ہمیں بالکل علم نہ تھا کہ اس کا حل کیا ہے۔ کیونکہ کوئی بھی کوانٹم نمبر مثال کے طور پر زاویائی معیار حرکت کا، زاویائی حرکت کی قدر ہی سے تو تعبیر کیا جاتا تھا۔ یہ عموماً ناممکن تھا کہ

J(J+1)/جیسا کوئی بیانیہ کلاسیکی طبیعیات سے ابھر کر آ سکے۔ ہم ان نتائج سے خاصے مضطرب تھے۔ لیکن پھر بھی ہم بوہر کے ہر نئے مقالہ کو نہایت دلچسپی سے زیر مطالعہ لاتے۔

اس زمانے میں بوہر نے عناصر کی دورانی جدول (Periodic Table) سے متعلق اپنے مقالات شائع کئے تھے۔ ان مقالات سے ہمیں بیس اور تمیں الیکٹرونوں کے حامل عناصر کی پیچیدہ ساختوں کا علم ہوا۔ ہمیں سمجھ نہ آتا تھا کہ آخر بوہر کس طرح ان نتائج کو حاصل کرتا ہے۔ ہمیں یوں لگتا جیسے وہ کوئی بہت ہی باکمال ریاضی دان ہے جو کلاسیکی فلکیات کے اتنے پیچیدہ مسائل کو حل کر سکتا ہے۔ ہمیں علم تھا کہ تین اجسام کے مسئلہ تک کو بھی اعلیٰ ترین فلکیات دان حل کرنے میں ناکام رہے تھے۔ اور یہ نیلز بوہر تمیں الیکٹرونوں اور اس سے مماثل مسئلوں کو بھی حل کر لیتا ہے۔

''بوہر کا مفروضہ''

۱۹۲۲ء کو موسم گرما میں جب میری پڑھائی کے دو سال گزر چکے تھے۔ سومر فیلڈ نے مجھ سے پوچھا کہ کیا میں اس کے ساتھ گوٹنگن چلوں گا؟ جہاں بوہر اپنے نظریات کے بارے میں بات چیت کرے گا۔ اب ہم ان ''بوہر کی موجودگی'' کے دنوں کو ''بوہر فیسٹیول'' کے نام سے پکارتے ہیں۔ وہاں مجھے پہلی بار پتہ چلا کہ بوہر جیسے لوگ ایٹمی طبیعیات کے مسائل پر کام کس طرح کرتے ہیں۔ جب بوہر اپنے دو لیکچر دے چکے تو میں نے ہمت کر کے ایک بار ان پر کچھ اعتراضات اٹھائے۔ میں نے صرف اس شک کا اظہار کیا کہ کرامر (Krammer) کا جو فارمولا انہوں نے بلیک بورڈ پر لکھا ہے، وہ قطعی بھی ہو سکتا ہے یا نہیں۔ میونخ میں بحثوں کے دوران مجھے احساس ہو گیا تھا کہ ہم ہمیشہ ایسے فارمولے حاصل کرتے ہیں جو مکمل طور پر قطعی نہیں ہوتے، کچھ صحیح ہوتے ہیں اور کچھ اتنے صحیح نہیں ہوتے۔ اس لئے میرا خیال تھا کہ یہ قطعی کبھی بھی نہیں ہوتا۔ بوہر بڑے مہربان تھے اور باوجود اس کے کہ میں بہت ہی کم عمر طالب علم تھا۔ انہوں نے مجھے طویل سیر کی دعوت دی تا کہ ہم مسئلہ پر اچھی طرح گفتگو کر سکیں۔ میرا خیال ہے کہ مجھے تب پتہ چلا کہ نظری طبیعیات کیا ایک بالکل ہی نئی شاخ میں کام کرنا کیا معنی رکھتا ہے۔ میرے لئے پہلا ڈراؤنا انکشاف یہ تھا کہ بوہر نے حل کچھ بھی نہ کیا تھا۔ انہوں نے اپنے نتائج محض قیاس آرائی میں سے

نکالے تھے۔ انہیں کیمیا میں تجربی صورت حال کا اندازہ تھا۔ انہیں مختلف ایٹموں کی ویلنسیوں کا علم تھا۔ انہیں علم تھا کہ مداروں کی کوانٹائزیشن کے بارے میں ان کا نظریہ یا دوسرے لفظوں میں ایٹموں کے استحکام کی کوانٹائزیشن کے مظہر سے توجیہہ کسی نہ کسی طرح کیمیا میں تجربی نتائج کے عین مطابق ہے۔ اسی بنیاد پر انہوں نے اپنے قیاسات کو اپنے نتائج کے طور پر پیش کیا۔ میں نے ان سے سوال کیا کہ کیا وہ یقین سے کہہ سکتے ہیں کہ ان کے نتائج کو کلاسیکی طبعیات کے نظریات کی مدد سے اخذ کیا جا سکتا ہے؟ انہوں نے جواب دیا میرا خیال ہے کہ یہ کلاسیکی تصاویر جو میں ایٹموں کی بناتا رہا ہوں بس اتنی ہی قابل اعتبار ہیں، جتنی کہ کلاسیکی تصویر ہو سکتی ہے۔

انہوں نے اپنی بات کو اس طرح سے مزید واضح کیا "آج کل ہم طبعیات کے ایک نئے میدان میں ہیں۔ جہاں ہمیں علم ہے کہ پرانے تصورات مکمل طور پر قابل اطلاق نہیں ہیں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ وہ درست نہیں ورنہ ایٹم مستحکم نہ ہوتے۔ دوسری طرف جب ہم ایٹموں کے بارے میں گفتگو کرنا چاہتے ہیں تو ہمیں ایسے الفاظ استعمال کرنے پڑتے ہیں جو پرانے تصورات اور پرانی زبان سے آئے ہیں۔ اس لئے ہم عجیب مایوس کن مخمصہ میں پھنسے ہوئے ہیں۔ ہم ان ملاحوں کی طرح ہیں جو کسی دور دراز ملک میں آن پہنچے ہوں جہاں کی نہ انہیں زبان آتی ہے اور نہ ہی ان لوگوں سے وہ مکمل طور پر واقف ہیں۔ انہیں نہیں معلوم کہ وہ کس طرح لوگوں سے تبادلہ خیال کریں۔ اس لئے جہاں تک کلاسیکی تصورات کام آتے ہیں جیسا کہ ہم الیکٹرونوں کی حرکت، رفتار، اور ان کی توانائی وغیرہ کے بارے میں بات کرتے ہیں۔ میرے خیال میں میری تصاویر قابل اعتبار ہیں۔ کم از کم میں امید رکھتا ہوں کہ وہ درست ہیں۔ لیکن یہ کسی کو بھی علم نہیں کہ ایسی زبان کہاں تک جائے گی؟

میرے لئے سوچنے کا یہ ایک بالکل ہی نیا انداز تھا اور اس نے طبعیات کے بارے میں میرے رویے کو مکمل طور پر تبدیل کر ڈالا۔ سومر فیلڈ کے ادارے (انسٹی ٹیوٹ) میں یہ امر مکمل طور پر عیاں تھا کہ کسی بھی نتیجے کو نکالنے کے لئے حساب کرنا ضروری تھا اور اچھے نتائج نکالنے کے لئے تو بے لچک تقویم لازمی تھی۔

اب مظہر یاتی نظریات کی طرف لوٹتے ہوئے بوہر کے ساتھ بات چیت سے میں نے یہ نتیجہ نکالا کہ ہمیں تمام کلاسیکی تصورات کو خیر باد کہنا ہوگا۔ ہمیں الیکٹرون کے مدار

کی بات نہیں کرنی چاہیے۔ گو بادل چیمبر میں الیکٹرون کی راہ دیکھی جا سکتی ہے۔ پھر بھی ہمیں الیکٹرون کی رفتار یا پوزیشن یا اس طرح کے تصورات کے بارے میں بات نہیں کرنی چاہیے۔ لیکن یہاں یہ مسئلہ بھی درپیش ہے کہ اگر ان الفاظ کو متروک قرار دیا جائے تو پھر کیا کیا جائے۔ یہ بڑا ہی عجیب وغریب مخمصہ اور ایک بہت ہی دلچسپ صورت حال تھی۔ سوال یہ تھا ''ایسی صورت حال میں کوئی کرے تو کیا کرے؟''

بوہر کے ساتھ مندرجہ ذیل اہم مسائل پر گفتگو کے تقریباً چھ ماہ بعد میں کوپن ہیگن گیا۔ وہاں میں نے کرامر کے ساتھ مل کر انتشاری نظریہ (Dispersion Theory) پر کام کیا اور ہمیں پھر اسی عجیب وغریب صورت حال کا سامنا کرنا پڑا کیونکہ بوہر کے نظریہ سے ہم نے جو فارمولے اخذ کئے وہ تقریباً درست تو تھے لیکن وہ مکمل طور پر بھی درست نہ تھے۔ پھر ان فارمولوں سے بتدریج نپٹنے کی عادت ہو گئی کہ کب اور کس طرح کلاسیکی طبیعیات کو ان مظہری فارمولوں میں منتقل کیا جائے۔ ہمیں اس بات کا احساس ہو چلا تھا کہ آخرکار کوئی تو کوانٹم میکانیات ہوگی جو کلاسیکی میکانیات کی جگہ لے گی۔ کوانٹم میکانیات، کلاسیکی میکانیات سے بہت ہی مختلف کیوں نہ ہو پھر بھی اس میں بہت ہی مختلف قسم کے تصورات استعمال میں آئیں گے۔

ایسی صورت حال میں اکثر یہ کہا گیا ہے کہ اگر نظریہ میں صرف ایسی مقداریں متعارف کروائی جائیں جو براہ راست مشاہدے میں آسکیں تو یہ صحیح سمت میں قدم ہوگا۔ درحقیقت زیر بحث صورت حال میں یہ ایک بہت ہی فطری خیال تھا۔ چونکہ ہمارے زیر نظر تعدد (Frequencies) اور حیطہ (Amplitudes) تھیں۔ اور حیطہ اور تعدد کس طرح کلاسیکی طبیعیات میں الیکٹرون کے مدار کی جگہ لے لیتی ہیں۔ ان کے ایک مکمل سیٹ سے مراد فوریئر سلسلے (Fourier Series) لیے جاتے ہیں۔ اور فوریئر سلسلے ایک مدار کو بیان کرتے ہیں۔ اس لیے یہ خیال کرنا فطری تھا کہ مدار کی جگہ تعدد اور حیطہ کے ان سیٹوں کو استعمال کرنا چاہیے۔

کوپن ہیگن سے واپس گیوٹنگن لوٹتے ہی میں نے بھی فیصلہ کیا کہ ان کے بارے میں میں بھی قیاس آرائی کروں۔ مثال کے طور پر ہائیڈروجن ایٹم کے طیف میں شدتوں (Intensities) کے بارے میں کسی قسم کی قیاس آرائی کروں۔ ان شدتوں کے بیان کے

لئے بوہر کا نظریہ بہت زیادہ سود مند نہ تھا۔لیکن آخر کیا ان کا اندازہ کسی قسم کے قیاس سے نہ ہوسکتا تھا؟ یہ ۱۹۲۵ء کے موسم گرما کا آغاز تھا۔اور میں اپنی کوشش میں مکمل طور پر ناکام رہا۔ فارمولا بہت ہی زیادہ پیچیدہ ہوگیا اور اس سے کسی قسم کے نتیجہ کا نکلنا مشکل لگتا تھا۔انہیں دنوں مجھے خیال آیا کہ اگر میکانکی نظام سادہ ہوتو شاید ممکن ہے کہ ہم وہی کچھ کرسکیں جو کرامر اور میں نے مل کر کوپن ہیگن میں کیا تھا۔یعنی حیطہ کو قیاس سے حاصل کر لیں۔اس لئے میں نے ہائیڈروجن ایٹم کو چھوڑ کر ایک غیر ہم آہنگ اہتزاز (An Harmonic Oscillation) کو لیا جو ایک بہت ہی سادہ سا ماڈل ہے۔لیکن انہی دنوں میں بیمار ہوگیا۔ بحالی صحت کے لئے میں ہیلی گولینڈ کے جزیرہ میں چلا گیا۔وہاں فرصت کافی تھی۔حساب کے لئے مجھے خوب وقت مل گیا۔کافی غور وخوض کے بعد پتہ چلا کہ کلاسیکی میکانیات کو کوانٹم میکانیات میں تبدیل کرنا درحقیقت بہت آسان تھا،لیکن مجھے یہاں ایک نکتے کی وضاحت کرنی چاہیے۔صرف اتنا کہنا کافی نہ تھا کہ کچھ تعدد اور حیطہ لیں اور ان سے مداری مقداروں کو بدل دیں۔اور حساب کے لئے کچھ اس طرح کی قسم استعمال کریں جو ہم نے پہلے بھی کوپن ہیگن میں استعمال کی تھیں، جو بعد میں میٹریکس ضرب (Matrix Multiplicatoin) کے مساوی نکلیں۔

یہ واضح تھا کہ اگر صرف اتنا ہی کیا جائے تو ایسی سکیم حاصل ہوتی ہے جو کلاسیکی نظریہ کے مقابلے میں کہیں زیادہ کشادہ اور واضح ہے۔درحقیقت اس میں کلاسیکی نظریہ اور کوانٹم نظریہ بھی شامل ہوگا۔لیکن یہ بہت زیادہ غیر واضح تھا اور قباحت یہ تھی کہ اس میں بہت سی فاضل شرائط کا اضافہ کرنا پڑتا تھا۔

بالآخر نتیجہ یہ نکلا کہ بوہر کے نظریہ میں کوانٹم شرائط کو ایک فارمولے سے تبدیل کیا جاسکتا ہے جو کہ بنیادی طور پر تھامس اور کوہن (Thomas and Kuhn) کے کلیہ مجموعہ(Sum rule) کے مساوی ہے۔اس طرح کی شرط کے اضافہ سے یکایک باوضع سکیم حاصل ہو جاتی ہے۔اس سے صاف نظر تھا کہ مفروضات کا یہ سیٹ قابل عمل تھا۔کیونکہ توانائی مستقل تھی اور اس طرح دوسرے نتائج بھی درست تھے۔لیکن میں ان تمام میں سے ایک صاف ستھری ریاضیاتی سکیم نہ نکال سکا۔اس کے فوراً بعد ہی گیوٹنگن میں بورن(Born)اور جورڈان اور کیمبرج میں ڈیراک ایک کامل ریاضیاتی سکیم ایجاد کرنے میں

کامیاب رہے۔ ڈیراک نے q اعداد پر بہت ہی نادر اور انوکھے طریقے استعمال کیے اور بورن اور جورڈان نے میٹریسوں پر زیادہ روایتی طریقوں کی مدد سے اپنے کام کو پایہ تکمیل تک پہنچایا۔

''نظریہ آئن سٹائن اور مشاہدات''

مذکورہ بالا ترقی میں کس فلسفہ نے اہم ترین رول ادا کیا، اس کی تفصیل میں یہاں بیان کرنا نہیں چاہوں گا۔ میں صرف کوانٹم میکانیات کی توجیہہ کی تفصیل کے بارے میں بات کروں گا۔ شروع میں میرا خیال تھا کہ نظریے میں صرف قابل مشاہدہ مقداروں کو ہی متعارف کرانا چاہیے۔ لیکن جب مجھے ۱۹۲۶ء میں برلن میں کوانٹم میکانیات کے بارے میں ایک لیکچر دینا پڑا تو آئن سٹائن نے میری گفتگو سنی اور میرے اس تصور میں تصحیح بھی کی۔

آئن سٹائن نے مجھے اپنے مکان پر ان معاملات پر بحث کے لئے مدعو کیا۔ پہلا سوال انہوں نے مجھ سے یہ پوچھا ''تمہارے اس انتہائی عجیب وغریب نظریے کے پس منظر میں کیا فلسفہ کارفرما ہے؟ تمہارا نظریہ تو ٹھیک لگتا ہے لیکن اس میں صرف قابل مشاہدہ مقداروں سے تمہارا کیا مطلب ہے۔'' میں نے انہیں بتایا کہ بادل چیمبر میں راہوں کے نشان کے باوجود الیکٹرونوں کے مداروں پر سے میرا اعتبار اب اٹھ گیا ہے۔ میرا خیال اب یہ ہے کہ صرف انہی مقداروں کی باتیں کرنا چاہئیں جو حقیقی طور پر مشاہدہ کی جاسکتی ہیں۔ اور میرا خیال ہے کہ نظریہ اضافیت میں انہوں نے اس قسم کا فلسفہ استعمال کیا تھا۔ چونکہ انہوں نے مطلق وقت (Absolute Time) کے تصور کو خیر باد کہہ کر صرف مخصوص محدادتی نظام (Coordinate System) کے وقت اور متعلقہ مقداروں کی بات کی۔ اس پر آئن سٹائن نے قہقہہ لگایا اور کہا ''لیکن تمہیں احساس کرنا چاہیے کہ ایسا مکمل طور پر غلط ہے۔'' میں نے جواب دیا ''لیکن کیا یہ حقیقت نہیں کہ آپ نے اس فلسفہ کو استعمال کیا ہے؟'' ''اوہ، ہاں'' انہوں نے کہا ''ہوسکتا ہے میں نے استعمال کیا ہو۔ پھر بھی ہے یہ مہمل ہی۔''

آئن سٹائن نے مزید وضاحت کرتے ہوئے کہا کہ دراصل بات اس سے بالکل الٹ ہے۔ انہوں نے کہا ''تم کس چیز کو دیکھ سکتے ہو اور کسے نہیں، یہ نظریے پر منحصر ہوتا ہے۔ نظریہ ہی اس امر کا تعین کرتا ہے کہ کون سی چیز دیکھی جاسکتی ہے۔'' ان کا استدلال کچھ

اس طرح تھا: ''مشاہدے کا مطلب ہے کہ ہم ایک مظہر اور اس مظہر کے اپنے فہم کے مابین کوئی رشتہ قائم کرتے ہیں۔ ایٹم کے اندر کچھ ہو رہا ہے۔ روشنی نکلتی ہے۔ روشنی فوٹوگرافک پلیٹ پر گرتی ہے۔ ہم فوٹوگرافک پلیٹ کو دیکھتے ہیں۔ ان تمام واقعات کے دوران جو ایٹم ہماری آنکھ اور ہمارے شعور کے مابین ہو رہے ہیں، ہم نے یہ فرض کیا ہوا ہے کہ ہر چیز پرانی طبیعیات کے مطابق کام کرتی ہے۔ اگر آپ اس نظریہ کو تبدیل کر دیں جو وقوعات کے اسی سلسلے کو بامعنی بنایا ہے تو پھر مشاہدات کا مذکورہ بالا سلسلہ بھی تبدیل ہو جائے گا۔'' انہوں نے اس امر پر زور دیا کہ نظریہ ہی فیصلہ کرتا ہے کہ کیا قابل مشاہدہ ہوگا اور کیا نہیں۔ آئن سٹائن کی یہ رائے بعد میں میرے لئے بہت اہم ثابت ہوئی جب میں نے بوہر کے ساتھ کوانٹم نظریہ کی تعبیر کرنے کی کوشش کی۔ میں اس نکتہ پر پھر بعد میں آؤنگا۔

میں آئن سٹائن کے ساتھ اپنی گفتگو کے بارے میں یہاں چند الفاظ اور کہوں گا۔

آئن سٹائن نے اس امر کی نشاندہی کی تھی کہ حقیقت میں یہ کہنا خطرناک ہے کہ صرف قابل مشاہدہ چیزوں ہی کی بات کرنی چاہیے۔ ہر معقول نظریہ میں کچھ چیزیں ایسی ہوں گی جن کو فوری طور پر براہ راست زیر مشاہدہ لایا جا سکتا ہے لیکن ان کے علاوہ اور چیزیں ایسی بھی ہوں گی جن کا مشاہدہ بالواسطہ ممکن ہوگا۔ مثال کے طور پر خود ''ماخ'' (Mach) کو یقین تھا کہ ایٹم کا تصور محض ایک نکتہ موزونیت یا خیالات کی ایک حسین تنظیم ہے۔ ماخ کے مطابق اس سے زیادہ ایٹم کی حقیقت نہیں ہے۔ آج کے دور میں ہر کوئی کہے گا کہ یہ سب بکواس ہے۔ اور ایٹم حقیقت میں اپنا وجود رکھتے ہیں۔ میرا بھی یہ خیال ہے کہ یہ دعویٰ کر کے کہ یہ تصور ایٹم محض خیالات کی حسین تنظیم ہے، ہم کچھ حاصل نہیں کر رہے ہوتے۔ گو منطقی طور پر یہ دعویٰ مکمل طور پر درست ہو۔ آئن سٹائن نے مذکورہ بالا نکات اٹھائے تھے۔ کوانٹم نظریہ میں ان کا مطلب تھا کہ جب آپ کوانٹم میکانیات کو استعمال کر رہے ہوتے ہیں تو آپ صرف تعدد اور حیطہ ہی کو مشاہد نہیں کر رہے ہوتے بلکہ امکانی حیطہ، امکانی لہریں وغیرہ میں مقداروں کو بھی دیکھ سکتے ہیں۔ گو وہ سب ایک مختلف قسم ہی کی چیزیں ہیں۔

مجھے یہاں اس بات کا اضافہ بھی کرنا چاہیے کہ جب آپ نے کوئی نئی سکیم ایجاد کی ہو جس میں بعض مشاہداتی مقداریں ہوں، تو پھر فیصلہ کن سوال یہ اٹھتا ہے کہ پرانے تصورات میں کن کو ہمیں حقیقی طور پر خیر باد کہنا چاہیے۔ کوانٹم نظریہ کے کیس میں تو واضح تھا

کہ آپ الیکٹرونی مدار کے تصور کو تو خیر باد کہہ سکتے ہیں۔

لزجی بہاؤ کا استحکام (Stability of Laminar Flows)

اب میں مظہریاتی نظریوں کے اس مسئلے کو چھوڑ کر اس کے بالکل الٹ سوال پر آتا ہوں۔ آخر قطعی ریاضیاتی سکیموں کے استعمال کا مطلب کیا ہے؟ شاید آپ کو علم ہو کہ مجھے قطعی ریاضیاتی سکیموں سے بالکل ہی لگاؤ نہیں ہے۔ اور میں اس رویہ کی وجوہات بیان کرنا چاہوں گا۔ کوانٹم میکانیات کے وضع ہونے سے پہلے کے سالوں میں مجھے اپنا پی ایک ڈی کا مقالہ (Doctoral Thesis) تیار کرنا تھا۔ چونکہ میرے استاد سومر فیلڈ بہت ہی اچھے استاد تھے اس لئے ان کا خیال تھا کہ مجھے سارا وقت ایٹمی نظریے کے متعلق مسائل پر صرف نہیں کرنا چاہیے۔ انہوں نے مجھے بلا کر کہا۔ "ہر وقت کیچڑ میں چلنا اچھا نہیں ہے۔ تمہیں درحقیقت کچھ اچھا ریاضیاتی کام نظری طبعیات میں بھی کرنا چاہیے۔" چنانچہ انہوں نے ایک مسئلہ مائع میکانکی (Hydrodynamical) سے متعلق تجویز کیا۔ مجھے پرتوں میں بہاؤ کے استحکام کا حساب کرنے کے لئے کہا گیا۔ انہوں نے خود اس موضوع پر کئی مقالے تحریر کئے تھے۔ ایک ساکن اور ایک متحرک دیوار کے مابین پرتی بہاؤ کے مسئلہ پر ان کا ایک شاگرد ہوپف (Hopf) بھی کام کر چکا تھا۔ اور یہ استحکام کی انتہا پانے میں ناکام رہا تھا۔ یہ سب کے علم میں ہے کہ تجرباتی طور پر جب بہاؤ کی رفتار ایک حد سے زیادہ ہو جائے تو پرتی بہاؤ پرشور مضطرب بہاؤ میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ شماریاتی طور پر بھنور بنتے ہیں۔ اور لگتا یوں ہے کہ یہ عدم استحکام کا مظہر ہے۔ اس لئے استحکام کی حد کا حساب کرنا ممکن ہو سکتا ہے۔ سومر فیلڈ نے تجویز کیا کہ میں دو دیواروں کے مابین پانی کے بہاؤ کے استحکام کا حساب لگاؤں اور یہ میرا پی ایچ ڈی کا مقالہ تھا۔ میرے کام کے نتائج بھی اچھے نکلے تھے اور میرا خیال کہ استحکام کی کوئی حد ہے۔ تجرباتی نتائج سے ہم آہنگ ایک خاص رینولڈ عدد (Reynold Number) پر بہاؤ غیر مستحکم ہو جاتا ہے اور ہمیں بے ہنگم حرکت حاصل ہوتی ہے۔

''بیس سال بعد''

خیر، مجھے اپنے اس مقالہ پر ڈگری مل گئی لیکن اس کے ایک سال بعد ایک بہت ہی قابل ریاضی دان نوئے در (Noether) نے قطعی ریاضیاتی طریقوں سے ثابت کیا کہ یہ مسئلہ جسے میں نے اپنی طرف سے حل کر دیا تھا، کسی قسم کا مستحکم حل نہیں رکھتا، بہاؤ چہار طرف مستحکم رہے گا۔ یہ نتیجہ بڑا مایوس کن تھا۔ خاص طور پر اپنی ڈگری کی وجہ سے میری ہمیشہ سے یہ امید رہی کہ میں کبھی نہ کبھی نوئے در کے ان نتائج کو غلط ثابت کر دوں گا۔ بدقسمتی سے میں کبھی بھی اسے رد نہ کر سکا۔ میری امید صرف تجربات سے تھی۔ چونکہ تجربات واضح طور پر استحکام کی ایک حد کا ثبوت دیتے تھے۔ اس مسئلے کو واضح ہوتے ہوئے کافی سال لگے۔ میں اس ضمن میں اٹھائے گئے چند اقدامات کا ذکر کروں گا۔ پانچ سال بعد ٹولمین (Tollmien) نے ایک ذرا مختلف قسم کے مسئلہ پر کام کیا اور ثابت کیا کہ استحکام کی ایک حد ہے۔ اس کا استدلال تھا کہ اس کا مسئلہ نوئے در کے مسئلہ سے مختلف ہے۔ اس لئے اس پر نوئے در کے نتائج کا اطلاق نہیں ہوتا۔ پھر ۱۹۴۴ء میں یعنی میرے پی ایچ ڈی مقالے کے بیس سال بعد امریکہ میں ڈرائڈن (Dryden) اور اس کے ساتھیوں نے دو دیواروں کے مابین پرتی بہاؤ کے بارے میں بہت ہی نازک تجربی مشاہدات کئے اور باقاعدہ بہاؤ کی بے ہنگم بہاؤ میں تبدیلی دیکھی۔ ان کی دریافت کے مطابق میرے حسابات تجربی مشاہدات کے عین مطابق تھے۔ میسا چوسٹس انسٹیٹیوٹ آف ٹیکنالوجی (ایم آئی ٹی) میں لن (Lin) نے اس مسئلہ کو دوبارہ لیا اور نئے اور بہتر طریقوں سے میرے حاصل کردہ نتائج کی تصدیق کی۔ اتنے سارے مصدقہ نتائج کے باوجود بہت سے ریاضی دان انہیں ماننے کے لیے تیار نہ تھے۔ میں نے ۱۹۵۰ء میں ایم آئی ٹی (Massachusetts Institute of Technology) میں اس مسئلہ پر دوبارہ طویل مباحثہ کیا۔ اس دوران وان نیومان (Von Neumann) نے فیصلہ کیا کہ وہ اس مسئلہ کے حل کے لئے نیا ایجاد کردہ الیکٹرونی کمپیوٹر استعمال کریں گے۔ اس طرح اس زمانے کا سب سے بڑا کمپیوٹر اس مسئلہ کو آخرتاً ختم کرنے کے لئے استعمال ہوا۔ نتیجہ یہ نکلا کہ میرے مقالے میں نکالا ہوا تخمینہ اصل قیمت سے صرف بیس فیصد کم تھا۔ اب سوال یہ تھا ''اس زوردار قطعی ریاضیاتی مقالے کا کیا ہو۔'' خیر میرے خیال میں مشکل یہ

ہے کہ اب بھی کسی کو نہیں معلوم کہ اس پرچے میں غلطی کیا تھی۔

''ریاضیاتی غلطی کا کھوج لگانا''

لیکن ایک کیس اور ایسا تھا جہاں علم تھا کہ غلطی کہاں تھی۔ ہوا یوں کہ ۱۹۱۸ء میں ایڈورڈ ٹیلر(Edward Teller)لیپ زگ (Leipzig)میں، میرے انسٹی ٹیوٹ میں آیا۔وہ ایک ڈاکٹر مقالہ لکھنا چاہتا تھا۔ میں نے اسے بے ہنگم بہاؤ کا مسئلہ نہیں دیا چونکہ اس وقت تک کوانٹم میکانیات اچھی طبیعیات کا درجہ حاصل کر چکی تھی اس لئے میں نے اسے ہائیڈروجن کے سالمے جو دو پروٹون اور ایک الیکٹرون پر مشتمل ہوتا ہے، دیکھنے کو کہا۔ میں نے اسے بتایا کہ بوہر کے ایک شاگرد بوراؤ(Burrau)نے اس آیونی سالمے کے عام حالات کے بارے میں ایک عمدہ مقالہ شائع کیا ہے اور بندشی توانائی کی ایسی قیمت حاصل کی ہے جو تجربی نتائج کے عین مطابق ہے۔ٹیلر کو اس سالمے کی ہیجانی حالتوں کا حساب کرنے کی کوشش کرنی چاہیے۔

اس کے چند ہفتے بعد ٹیلر میرے کمرے میں آیا۔ اس نے مجھے بتایا کہ ولسن کا ایک نیا مقالہ حال ہی میں شائع ہوا ہے جس میں بوراؤ کے طریقوں سے کہیں بہتر ریاضیاتی طریقے استعمال ہوئے ہیں۔اس میں ولسن نے اعلیٰ درجے کی ریاضی کے استعمال سے یہ ثابت کیا ہے کہ ہائیڈروجن کی عام حالت وجود ہی نہیں رکھتی! خیر یہ ایک افسوس ناک نتیجہ تھا۔اور یہی کچھ میں نے ٹیلر سے کہا کہ سالمہ تو بہرحال وجود رکھتا ہے۔اس لئے یہ ریاضیاتی نتیجہ غلط ہونا چاہیے۔لیکن ٹیلر نے جواب دیا کہ ولسن کا ریاضی اتنا عمدہ ہے کہ اس کے خلاف کوئی اعتراض نہیں اٹھایا جا سکتا۔ اس بارے میں میری اور ٹیلر کی بڑی بحث ہوئی اور میرا خیال ہے کہ کوئی دو ماہ کے بعد خود ٹیلر ہی نے ولسن کے مقالے میں غلطی پکڑ لی اور یہ بڑی دلچسپ غلطی تھی۔ غلطی یہ تھی: ریاضی تو درست تھا لیکن ولسن نے استدلال کچھ اس طرح کیا تھا ''ہمیں علم ہے کہ دونوں مرکزوں سے بہت دور شرودنگر گھٹتا گھٹتا صفر ہو جائے گا۔ یہ درست ہے اس لئے ہمارے تجزیاتی تفاعل (Analytical Function) کو باقاعدہ ہونا چاہیے اور لامتناہی فاصلہ پر صفر ہو جانا چاہیے۔'' یہ نتیجہ غلط تھا۔ چونکہ اتنا کافی تھا کہ تفاعل حقیقی طور پر تو صفر ہو جائے لیکن فرضی طور پر نہیں۔ خیر یہ اس طرح کی غلطی ہے جو ہر کوئی کر سکتا ہے

اور مجھے امید ہے کہ نوئے ور نے بھی بے ہنگم بہاؤ کے مسئلہ میں اس طرح کی غلطی کی ہو۔ لیکن اس کا ہمیں علم نہیں ہے۔

''ریاضی اعلیٰ یا ادنیٰ درجے کا''

میرا خیال ہے کہ اب تک آپ سمجھ گئے ہونگے کہ میں ہمیشہ ہی کیوں اعلیٰ پیمانے کے ریاضیاتی طریقوں کے بارے میں مشکوک رہتا ہوں۔ شاید مجھے اس بابت زیادہ سنجیدہ مثال دینی چاہیے۔ جب آپ ریاضیاتی طریقوں کو زیادہ سے زیادہ بہتر بنانے پر اپنی ساری توجہ مرکوز کرنے لگتے ہیں تو آپ کی نظروں سے وہ نکات اوجھل ہو جاتے ہیں جو طبعی نکتہ نظر سے اہم ہوتے ہیں۔ اس طرح آپ حقیقی تجربی صورت حال سے دور ہو جاتے ہیں۔ جیسا کہ میں نے اکثر کیا ہے جب آپ کسی مسئلہ کو حل کرنے کے لئے عام ریاضی استعمال کرتے ہیں تو ہم ہر وقت مجبور ہوتے ہیں کہ تجربی صورت حال کو نظر میں رکھیں۔ اس لئے جو بھی فارمولا وضع کرتے ہیں، آپ حقیقت سے اس کا موازنہ کرتے ہیں۔ اور اس طرح آپ کسی نہ کسی طرح حقیقت کے زیادہ قریب ہوجاتے ہیں نا کہ اعلیٰ ریاضی کی بھول بھلیوں میں حقیقت کو کھو بیٹھتے ہیں۔ لیکن یہ ایک ذاتی رویہ ہے۔ مختلف لوگ اس بارے میں مختلف رویے رکھتے ہیں۔

اب دوبارہ کوانٹم میکانیات اور نئے نظریے کی ترقی میں اس حصے کی طرف لوٹیں جو مجھے ہمیشہ ہی سب سے زیادہ دلچسپ لگا ہے۔ جب آپ ایک نئے میدان میں داخل ہوتے ہیں تو مظہریاتی طریقوں میں مسئلہ یہ ہوتا ہے کہ آپ کو اکثر و بیشتر پرانے تصورات استعمال کرنا پڑتے ہیں۔ چونکہ اور کوئی تصورات آپ کے پاس ہوتے نہیں۔ اور پھر نظری رشتوں کے قائم کرنے کا مطلب ہوتا ہے کہ پرانے طریقوں کا اطلاق نئی صورت حال پر کریں۔ اس لئے فیصلہ کن قدم ہمیشہ ہی ایک عدم تسلسل قدم کی شکل میں ہوتا ہے۔ آپ کبھی بھی چھوٹے چھوٹے قدم اٹھا کر حقیقی نظریہ پر پہنچنے کی امید نہیں کر سکتے۔ ایک نکتہ پر پہنچ کر آپ کو چھلانگ لگانی پڑے گی۔ آپ کو صحیح معنوں میں پرانے تصورات کو خیر باد کہنا پڑے گا اور کچھ نئی چیزوں کو آزمانا پڑے گا۔ اور پھر دیکھنا پڑے گا کہ آپ تیرتے ہیں یا ڈوبتے ہیں یا کچھ اور۔ بہر حال آپ پرانے تصورات کو برقرار نہیں رکھ سکتے۔ کوانٹم میکانیات کے

کیس میں یہ کچھ اس طرح ہوا کہ پہلے ہم نے ریاضیاتی سکیم تیار کی اور پھر اس سے متعلق ہمیں ایک معقول زبان اختیار کرنا پڑی۔ آخرنا ہم یہ پوچھ سکے کہ یہ ریاضیاتی سکیم کن تصورات کو جنم دیتی ہے اور ہم ان کی مدد سے فطرت کو کیسے بیان کرتے ہیں؟

''پرانے تصورات کو متروک کرنا''

ترقی کے اس مرحلے پر سب سے دشوار حصہ پرانے اہم تصورات میں سے کچھ کو متروک کرنا ہوتا ہے۔ کوئی بھی اچھا طبیعیات دان خوشی سے نئے تصورات اختیار کرنے کے لئے تیار ہوگا۔ لیکن ممتاز ترین طبیعیات دان بھی پرانے اور بظاہر کارآمد تصورات کو چھوڑنے پر تیار نہیں ہوتے۔ یہ احساس کہ پرانے تصورات کو ترک نہیں کیا جا سکتا۔ کوانٹم میکانیات کی ترقی کے ابتدائی دور میں بھی بڑا مستحکم تھا۔ آپ جانتے ہیں کہ اضافیت کی ترقی میں بھی یہ احساس بڑا مستحکم رہا ہے اور اب بھی ادھر ادھر ایسے مقالات شائع ہوتے رہتے ہیں جس میں مقالہ نگار خصوص اضافیت کے نظریہ کو سمجھنے ہی سے انکاری ہوتے ہیں۔ وہ اسے اس لئے نہیں سمجھ سکتے چونکہ وہ ''ہم وقت وقوعات'' کے پرانے تصور کو ترک کرنے کے لئے تیار نہیں ہوتے۔ کوانٹم نظریہ کے سلسلے میں جب شروڈنگر کی لہری میکانیات اور کوانٹم میکانیات کے بارے میں بحث جاری تھی تو بھی کچھ ایسا ہی ہوا تھا۔ مجھے شروڈنگر کا ایک لیکچر یاد آرہا ہے جو انہوں نے ۱۹۲۶ء میں دیا تھا۔ لیکچر کے بعد اچھی خاصی بحث ہوئی۔ میرے خیال میں مجھے یہاں اس کا ذکر کرنا چاہیے۔ یقیناً شروڈنگر پر تنقید کے طور پر نہیں چونکہ وہ ایک اعلیٰ پایہ کے طبیعیات دان تھے بلکہ صرف یہ دکھانے کے لیے کہ پرانے خیالات سے چھٹکارا پانا کس قدر دشوار ہے، شروڈنگر نے لہری میکانیات پر لیکچر دیا تھا۔ انہیں سومر فیلڈ نے مدعو کیا تھا۔ حاضرین میں ولہلم وین (Wilhelm Wien) بھی تھا جو ایک تجربی طبیعیات دان تھا۔ اس وقت تک بوہر کے نظریہ نے عموی قبولیت کا درجہ حاصل نہیں کیا تھا۔ مثال کے طور پر میونخ میں تجربی طبیعیات دان کوانٹم چھلانگوں اور رقصوں کے اس کھیل کو سخت ناپسند کرتے تھے۔ انہوں نے اسے ایٹومسٹک یا ایٹم کے تصوف (Mysticism) کا نام دیا ہوا تھا۔ ان کو اس بات کا شدت سے احساس تھا کہ یہ سب کلاسیکی طبیعیات سے اس قدر مختلف ہے کہ اسے سنجیدگی سے زیرغور بھی نہیں لانا چاہیے۔ یہی وجہ تھی کہ ولہلم وین شروڈنگر کی تعبیر توجیہہ سے

بڑا خوش ہوا۔

شاید آپ کو علم ہو کہ ابتداء میں شروڈنگر کا یقین تھا کہ وہ کوانٹم میکانیات کو ایسے ہی تصورات کی مدد سے استعمال کر سکتے ہیں جیسے میکسول نظریے کو سمجھنے کے لئے مستعمل تھے۔ انہوں نے یہ فرض کی کہ سہ بعدی زمان و مکان میں پھیلی مادی لہریں ایسی ہی ہیں جیسا کہ برقی مقناطیسی لہریں۔ اور یہی وجہ ہے کہ کسی توانائی کی آئگن قیمت (Eigenvalue) درحقیقت ایک ارتعاش کی آئگن قیمت تو ہوتی ہے لیکن توانائی کی نہیں۔ اس لئے اس کا یقین تھا کہ وہ ہر قسم کی کوانٹم چھلانگوں اور اسی طرح کی دوسری چیزوں جنہیں وہ ''تصوف'' کہتا تھا سے بچ سکتا ہے۔ شروڈنگر کے لیکچر کے بعد میں نے بھی بحث میں حصہ لیا۔ میرا استدلال تھا کہ اس طرح کی تعبیر سے تو پلانک کلیہ کو بھی سمجھنا ممکن نہیں۔ کیونکہ آخر کار پلانک کلیوں کی بنیاد ہی تو حقیقی کوانٹم نظریہ پر ہے، جو توانائی کی غیر تسلسل تبدیلی پر منحصر ہے۔ وین میرے اس جملے پر سخت ناراض ہوا اور بولا ''خیر نوجوان کیا میں یہ سمجھوں کہ تم اس بات سے ناخوش ہو کہ اب کوانٹم میکانیات اور کوانٹم چھلانگیں بھولی بسری ہو جائیں گی۔ آپ دیکھیں گے کہ شروڈنگر جلد ہی ان تمام مسئلوں کو حل کر لے گا۔''

میں نے اس واقعے کو اس لیے بیان کیا ہے تاکہ اندازہ کیا جا سکے کہ ان مقالات میں طبیعیات دانوں کے جذبات کس قدر برانگیختہ ہو سکتے ہیں۔ یہ درست ہے کہ میں اس دن شروڈنگر یا وین کسی کو بھی قائل نہیں کر سکا۔ لیکن اس بحث کے نتیجے میں بوہر نے شروڈنگر کو کوپن ہیگن مدعو کیا۔ ستمبر ۱۹۲۶ء میں شروڈنگر کوپن ہیگن آیا۔ بوہر جو ایک بہت ہی شفیق اور نفیس انسان اور ہر طرح سے ایک حلیم الطبع شخصیت ہیں، وقت پڑنے پر سخت کٹر اور متعصب ہو جاتے تھے۔ مجھے اچھی طرح سے یاد ہے کہ جب بھی شروڈنگر کوئی نکتہ اٹھاتا تو بوہر فوراً اٹھ کر جواب دیتے ''لیکن شروڈنگر تمہیں سمجھنا چاہیے، صحیح معنوں میں سمجھنا چاہیے۔'' دو دن بعد شروڈنگر بیمار پڑ گیا۔ اسے بستر میں لیٹنا پڑا۔ بیگم بوہر اس کی تیمارداری میں مشغول ہوتیں، وہ اس کے لیے چائے اور کیک لاتیں لیکن بوہر بستر کے ساتھ بیٹھتے ہی یہ دہراتے۔ ''لیکن شروڈنگر تمہیں سمجھنا چاہیے۔'' اس واقعہ کے بعد شروڈنگر کو کم از کم یہ تو سمجھ آ گیا کہ کوانٹم نظریہ کی تعبیر اتنی آسان نہیں جتنا وہ سمجھے ہوئے تھے۔

کوپن ہیگن میں ہم بھی ابھی تک تعبیر کے بارے میں پوری طرح سے مطمئن نہ

تھے۔ چونکہ خیال تھا کہ ایٹم کے اندر تو ٹھیک ہے کہ الیکٹرونی مدار کے تصور کو ترک کر دیا جائے لیکن پھر بادل چیمبر میں اس کی راہ کے نشان کا کیا کیا جائے؟ بادل چیمبر میں آپ کو الیکٹرون راہوں کے ساتھ حرکت کرتا نظر آتا ہے۔ اسے کیا کہیں، الیکٹرونی مدار یا نہیں؟

''کوانٹم نظریہ سمجھا گیا''

میں اور بوہر اکثر ان مسائل کے بارے میں بحث و مباحثہ کرتے۔ لیکن تبادلہ خیال کا خاتمہ آخر مایوسی ہی میں ہوتا۔ بوہر لہروں اور ذرات کے مابین دوئیت (Duality) کی سمت میں کوشش کرتے، جب کہ میں ریاضیاتی رسمیت (Formalism) سے ابتداء کرنا پسند کرتا اور پھر اس کے موافق تعبیر دریافت کرنے کی کوشش کرتا۔ بالآخر بوہر اس مسئلے پر غور و فکر کرنے ناروے چلے گئے جب کہ میں کوپن ہیگن ہی میں رہا۔ اس ضمن میں مجھے آئن سٹائن کے ساتھ اپنی گفتگو میں ان کا مشاہدہ یاد آیا۔ مجھے یاد آیا کہ آئن سٹائن نے کہا تھا ''یہ نظریہ ہی تعین کرتا ہے کہ کیا چیز مشاہدہ کی جا سکتی ہے۔'' کیا یہ درست نہیں کہ فطرت میں اور بادل چیمبر میں بھی صرف ایسے ہی وقوعات ہوتے ہیں جنہیں کوانٹم میکانیات کے ریاضیاتی رسمیات سے بیان کیا جا سکتا ہے؟ گھما پھرا کر مجھے اس کی کھوج کرنی تھی کہ اب اس رسمیات سے بیان کیا جا سکتا ہے۔ اس کے بعد اب بڑی آسانی سے یہ دیکھا جا سکتا ہے۔ خاص طور سے ڈیراک اور جورڈان کی ٹرانسفارمیشن نظریے کے بارے میں نئی دریافتوں کو استعمال کرتے ہوئے کہ ایک الیکٹرون کی قطعی پوزیشن اور قطعی رفتار بیک وقت بیان نہیں کی جا سکتی۔ چونکہ ان کے مابین غیر یقینی رشتے ہوتے ہیں۔ جب بوہر واپس کوپن ہیگن لوٹے تو وہ بھی اصول تکمیلیت (Complimentarity Principle) کی مدد سے مساوی تعبیر ڈھونڈ چکے تھے۔ آخر کار اس طرح سے ہم سب اس امر پر متفق ہو گئے کہ ہمیں کوانٹم نظریہ سمجھ آ گیا ہے۔

''آئن سٹائن کے فرضی تجربات''

۱۹۲۷ء میں ہم دوبارہ ایک مشکل صورت حال کا شکار ہوئے۔ آئن سٹائن اور بوہر نے سولوے کانفرنس کے دوران مذکورہ بالا مسائل پر تبادلہ خیال کیا۔ تقریباً ہر روز

واقعات کا سلسلہ کچھ اس طرح سے ہوتا کہ ہم سب لوگ ایک ہی ہوٹل میں ٹھہرے ہوئے تھے۔ ہر روز صبح آئن سٹائن ناشتے کے وقت نمودار ہوتے اور بوہر کو ایک ایسا فرضی تجربہ بیان کرتے جو غیر یقینی رشتوں کو غلط ثابت کرتا۔ جس کی وجہ سے ہماری کوانٹم نظریہ کی تعبیر بھی غلط ٹھہرتی۔ اس کی بدولت بوہر، پالی اور میں سخت فکر مند ہو جاتے۔ ہم سب بوہر اور آئن سٹائن کے ساتھ میٹنگ میں جاتے اور سارا دن اس مسئلے پر سوچ بچار کرتے۔ لیکن رات کے کھانے کے وقت تک بوہر نے مسئلے کا حل ڈھونڈھ لیا ہوتا، جسے وہ آئن سٹائن کو پیش کرتے۔ ہم سب مطمئن ہو جاتے کہ سب ٹھیک ہے۔ آئن سٹائن اس پر افسوس کا اظہار کرتا اور اس پر مزید غور و فکر کرنے کا وعدہ کرتا۔ لیکن اگلی صبح وہ پھر ایک نئے فرضی تجربے کے ساتھ ناشتہ کی میز پر آن موجود ہوتا اور ہم پھر سے اس کا توڑ ڈھونڈنے میں لگ جاتے۔ اس طرح یہ سلسلہ کئی دن چلا۔ کانفرنس کے خاتمے تک کوپن ہیگن کے طبیعیات دان مطمئن ہو چلے تھے کہ انہوں نے معرکہ مار لیا ہے اور یہ کہ اب آئن سٹائن کے تمام شکوک وشبہات کو رفع کرنے میں کامیاب ہو گئے ہیں۔ اب وہ مزید کوئی اعتراض نہیں اٹھا سکتا۔ میرے خیال سے بوہر کا سب سے شاندار استدلال آئن سٹائن کے اعتراض کا جواب خود اس کے عمومی نظریہ اضافیت سے دینا تھا۔ آئن سٹائن نے ایک ایسا تجربہ ایجاد کیا تھا جس میں کچھ مشینری کا وزن ثقل سے متعین ہوتا تھا اور بوہر نے نظریہ عمومی اضافیت کی مدد سے ثابت کر دکھایا کہ غیر یقینی رشتے درست ہیں۔ بوہر کامیاب رہا اور آئن سٹائن مزید کوئی اعتراض نہ اٹھا سکے۔

''الیکٹرون اور نیوکلیس''

اب میں زیادہ نئے معاملات کی طرف آتا ہوں۔ لیکن اس سے پہلے کہ میں نیوکلیائی طبیعیات کے بارے میں کچھ کہوں میں اضافی کوانٹم میکانیات کی طرف آتا ہوں۔ صرف ایک نکتہ میں دوبارہ اٹھانا چاہوں گا اور وہ یہ ہے کہ بہ نسبت پرانے تصورات کو خیر باد کہنے کے نئے تصورات کو اپنانا کہیں آسان ہے۔ یہ حقیقت ہے کہ جب ۱۹۳۲ء میں چیڈوک نے نیوٹرون کو دریافت کیا تو یہ کہنا معمولی بات نہ تھی کہ نیوکلیس میں الیکٹرون نہیں ہوتے۔ میں نے اس زمانے میں نیوکلیس کے بارے میں جو مقالے لکھے ان کا بنیادی نکتہ یہ نہ تھا کہ نیوکلیس پروٹونوں اور نیوٹرونوں کا مجموعہ ہوتا ہے بلکہ یہ کہ تجربات کی بظاہر نفی کرتے ہوئے

الیکٹرون نیوکلیس میں نہیں ہوتے۔ اس زمانے میں ہر کسی کا خیال تھا کہ نیوکلیس میں الیکٹرون ہونے چاہئیں۔ کیونکہ وہ بعض اوقات خارج ہوتے ہیں اور یہ کہنا عجیب لگتا تھا کہ خارج ہونے سے پہلے وہ نیوکلیس میں نہیں تھے۔

درحقیقت تصور یہ تھا کہ نیوٹرونوں اور پروٹونوں کے مابین چھوٹے فاصلے کی قوتوں کی وجہ سے کسی نہ کسی طرح سے الیکٹرون نیوکلیس میں جنم لیں گے۔ بہرحال یہ فرض کرنا اچھا تخمینہ لگتا تھا کہ اتنے ہلکے ذرات نیوکلیس میں وجود نہیں رکھ سکتے۔ مجھے یاد ہے کہ بعض بڑے اعلیٰ پایہ کے طبیعیات دانوں نے مجھے اپنے اس خیال کی وجہ سے سخت تنقید کا نشانہ بنایا تھا۔ مجھے ایک خط ملا جس میں تحریر تھا کہ صحیح معنوں میں یہ فرض کرنا بے ہودہ سی بات ہے کہ الیکٹرون نیوکلیس میں نہیں ہوتے۔ چونکہ انہیں خارج ہوتے ہوئے ہر کوئی دیکھتا ہے۔ اس طرح کے بے معنی مفروضوں سے میں طبیعیات میں بے ترتیبی داخل کر رہا ہوں اور اس ضمن میں انہیں میرا رویہ سمجھ نہیں آتا۔ میں نے یہاں اس چھوٹے سے واقعہ کا ذکر اس لیے کیا ہے کہ کسی ایسی چیز سے جو اتنی عام اور فطری لگے کہ ہر کوئی اسے قبول کرے۔ اجتناب کرنا حقیقت میں بڑا مشکل ہے۔ میں سمجھتا ہوں کہ نظری طبیعیات کی ترقی میں سب سے زیادہ کوشش ان نکات پر لگانی چاہیے جہاں قدیم تصورات کو خیر باد کہنا ہوتا ہے۔

''ایٹمی طبیعیات کے زاویہ نگاہ میں تبدیلی''

اب آپ مجھے اجازت دیں تو میں بنیادی ذرات کے مسئلہ کی طرف آؤں۔ میرا خیال ہے کہ بنیادی ذرات کی فطرت اور ان کی خصوصیات کے سلسلے میں فیصلہ کن دریافت ڈیراک نے ''رد مادہ'' (Antimatter) کی کی تھی۔ یہ ایک بالکل نیا فیچر تھا جس کا تعلق بظاہر اضافیت سے تھا۔ جس کی وجہ سے گیلیلی گروپ (Galilean-Group) کو لورنٹز (Lorentzs) گروپ سے تبدیل کرنا تھا۔ میرا یقین ہے کہ ڈیراک کی ذرے اور ذرے کی اس دریافت نے ایٹمی طبیعیات کے بارے میں ہمارا پورا زاویہ نگاہ ہی بدل دیا ہے۔ مجھے علم نہیں کہ کیا اس وقت اس تبدیلی کا احساس مکمل طور پر ہوا تھا۔ شاید اس کی قبولیت بتدریج ہوئی۔ پھر بھی میں تفصیل سے یہ بتانا چاہوں گا کہ میں اسے اتنا بنیادی کیوں سمجھتا ہوں۔

کوانٹم نظریہ کی وجہ سے ہمیں علم ہے کہ ایک ہائیڈروجن سالمہ یا دو ہائیڈروجن

ایٹموں یا پھر ایک مثبت ہائیڈروجن آیون اور ایک منفی ہائیڈروجن آیون (Ion) پر مشتمل ہوتا ہے۔عمومی طور پر کہا جا سکتا ہے کہ ہر حالت ان تمام امکانی حالتوں کا مجموعہ ہوتی ہے جو آپ کسی تشاکل کے ذریعے ابتدائی حالت سے حاصل کرتے ہیں۔ اب جیسے ہی ہم جان جائیں کہ ڈیراک نظریہ کے مطابق ہم جوڑے پیدا کر سکتے ہیں تو پھر ہمیں ہر ذرہ کو ایک مرکب نظام کے طور پر سمجھنا پڑے گا۔ چونکہ فی الواقع وہ ایک ذرہ اور ایک جوڑے پر مشتمل ہوسکتا ہے یا ایک ذرہ اور دو جوڑوں پر مشتمل ہوسکتا ہے۔اور اس طرح یہ سلسلہ لا متناہی طور پر پھیلایا جا سکتا ہے۔ اس طرح یکدم بنیادی ذرہ کا پورا تصور ہی بدل گیا ہے۔ میرے خیال میں اس وقت تک ہر طبیعیات دان کا تصور ایٹم ڈیموقریطس کے فلسفہ کے خطوط پر استوار تھا۔ دوسرے معنوں میں بنیادی ذرات غیر متبدل اکائیاں ہیں جو بد فطرت میں اکائیوں کے طور پر ہمیشہ ایک جیسی ہی رہتی ہیں اور تبدیل نہیں ہوتیں۔ نہ وہ کسی اور چیز میں تبدیل ہو سکتی ہیں۔ وہ حرکی نظام نہیں ہیں۔ وہ بس خود اپنے آپ میں وجود رکھتے ہیں۔

ڈیراک کی دریافت کے بعد ہر چیز مختلف لگنے لگی کیونکہ اب یہ سوال پوچھا جا سکتا تھا کہ کوئی پروٹون صرف پروٹون ہی کیوں رہے۔ پروٹون اور ایک الیکٹرون اور ایک پوزیٹرون کے جوڑے کا مجموعہ کیوں نہ ہو۔ بنیادی ذرات کا مرکب نظاموں کی طرح ہونا مجھے یک دم ایک بڑے چیلنج کے طور پر لگنے لگا۔ جب میں نے بعد میں پالی کے ساتھ مل کر کوانٹم الیکٹروڈائنامکس پر کام کیا تو اس مسئلہ کو اپنے ذہن میں رکھا۔

''جوڑوں کی پیدائش''

اس سمت میں اگلا قدم ذرات کی کثیر پیداوار تھا۔ اگر دو ذرات آپس میں ٹکرائیں تو جوڑے پیدا ہو سکتے ہیں اور کوئی وجہ نہیں کہ صرف ایک جوڑہ ہی پیدا ہو، دو کیوں نہیں؟ بس اگر توانائی مطلوبہ مقدار میں ہو تو اس قسم کے واقعے میں اگر جوڑ مضبوط ہو تو جوڑوں کی کوئی بھی تعداد پیدا ہوسکتی ہے۔اسی طرح مادے کی تقسیم در تقسیم کا مسئلہ اب بالکل ہی نئے انداز میں سامنے آیا۔اب تک تو یہ یقین کیا جاتا تھا کہ صرف دو ہی امکانات ہوتے ہیں۔ یا تو مادے کو تقسیم در تقسیم کرتے کرتے ایسی اکائیوں کو حاصل کیا جا سکتا ہے جن کو مزید تقسیم نہیں کیا جا سکتا۔ یا پھر تقسیم در تقسیم کا سلسلہ لا متناہی طور پر جاری رکھا جا سکتا ہے۔اب

یکدم ایک تیسرا امکان بھی سامنے آیا کہ ہم مادے کو تقسیم در تقسیم تو کر سکتے ہیں، لیکن مزید چھوٹے ذرات ہمیں حاصل نہیں ہوں گے۔ چونکہ اب ذرات کے جوڑے بھی ہیں اس لیے یہ سلسلہ ہمیشہ جاری رکھا جا سکتا ہے۔ اس لئے یہ خیال فطری تو تھا لیکن بعیدالعقل کہ بنیادی ذرہ، بنیادی ذرات ہی کا مرکب نظام ہے۔ پھر مسئلہ یہ کھڑا ہوا کہ ''کس کی ریاضیاتی سکیم اس صورت حال کو بیان کر سکتی ہے۔''

اس زمانے میں ڈیراک نے نظریہ اشعاع اور پالی، وائس کوپف (Weisskopf) اور میری تحقیق کے نتیجے میں یہ معلوم ہو چکا تھا کہ کوانٹم الیکٹروڈائنامکس میں لامتناہی سے بچنا بڑا مشکل ہے، خاص طور سے تعامل والے کوانٹم فیلڈ نظریہ میں تو یہ مسئلہ عمومی طور پر مشکل پیدا کرتا ہے۔ لامتناہیوں کو ناپسند کرنے میں میں مکمل طور پر ڈیراک کے ساتھ ہوں۔ چونکہ جب طبیعیات میں لامتناہی کو داخل کر دیا جائے تو پھر بات مہمل ہو جاتی ہے، ایسا نہیں کیا جا سکتا۔ اس لئے میں نے ایسی ریاضیاتی سکیموں کے بارے میں سوچنے کی کوشش کی جن میں لامتناہیوں کو ابتداء ہی سے خارج کر دیا جائے۔ مجھے ایک بار پھر قابل مشاہدہ مقداروں کے بارے میں پرانی کہانی یاد آئی۔ میں نے محسوس کیا کہ یہ سوال کرنا ممکن ہے کہ ''بنیادی ذرات کے مابین ٹکراؤ میں آخر قابل مشاہدہ کیا ہوگا۔ اس طرح ایس۔میٹرکس (S-matrix) تک پہنچنا فطری تھا۔ یہ کہنا کہ ایس۔ میٹرکس یا انتشاری۔ میٹرکس نظریہ کے لئے فطری بنیادیں فراہم کرتا ہے۔ اور ایک بار پھر یہ پہلا قدم اٹھانا تو آسان ہے یعنی کہ فلاں فلاں چیز قابل مشاہدہ ہے۔ لیکن اس سے اگلا قدم اٹھانا اور مفروضات کی مقدار کو کم سے کم کرنا مشکل ہے۔ لیکن آخر میں نئے مفروضات تو کرنے ہی پڑتے ہیں اور کہنا پڑتا ہے کہ اب فلاں فلاں چیز کو مشاہدہ میں نہیں لایا جا سکتا۔ چنانچہ اب سوال یہ تھا ''ہم ایس۔ میٹرکس کے تصور کو کس طرح محدود کریں کہ وہ حقیقی طور پر قابل عمل ہو اور جس میں ہم اپنے معنوں کی تعبیر کر سکیں اور جن میں ہم فطری قوانین وضع کر سکیں۔'' خیر اسی دوران میں ڈیراک ہی سے جان چکا تھا کہ شاید ایسے فلیڈ نظریہ کو استعمال کیا جا سکتا ہے جس میں ہلبرٹ مکان(Hilbert Space) میں لامتناہی میٹرک (Indefinite Matric) کا استعمال کیا گیا ہو۔ مجھے علم تھا کہ پالی نے ایسی سکیم پر سخت تنقید کی تھی جیسا کہ وہ اکثر بڑی کامیابی سے کیا کرتا تھا۔ اس کا کہنا تھا کہ اگر ''ہلبرٹ مکان'' میں لامتناہی

میٹرک کا استعمال کیا جائے اور اس کا مطلب منفی امکانات میں نکلے گا اس لئے ایسی سکیم ناقابل عمل ہوگی۔

اس امکان کا خیال کرنا فطری تھا کہ متقاربی (Asymptotic) علاقے میں امکانات مثبت ہونے چاہئیں۔ اس لئے متقاربی طور پر آپ کے پاس ایک وحدانی ایس۔ میٹرکس ہونا چاہیے۔ لیکن اس کے ساتھ ہی اسے مقامی طور پر امکان کے تصور سے دور جانے کی اجازت ہوگی تاکہ کہا جاسکے ''مقامی طور پر ہم اس طرح کسی چیز کی پیائش نہیں کر سکتے جیسا کہ متقاربی علاقے میں کر سکتے ہیں۔'' امکان کا تصور اس وقت بے معنی ہو جاتا ہے جب ہم ایک مخصوص ''کائناتی لمبائی'' سے نیچے چلے جائیں۔ اس لئے میں نے یہ کہتے ہوئے سکیم کو محدود کرنے کی کوشش کی کہ ایسے مقامی فیلڈ اوپریٹر (Operator) ہوں گے لیکن یہ اوپریٹر ایسے ہلبرٹ مکان میں قابل عمل ہوں گے جس کا میٹرک عام نہ ہوگا بلکہ غیر محدود ہوگا۔''

اس سکیم کا فائدہ یہ تھا کہ اس میں لامتناہیوں سے حقیقی طور پر بچا جا سکتا تھا۔ لیکن اس کی قیمت بڑی اونچی ادا کرنا پڑتی تھی۔ اس طرح کہ ہلبرٹ مکان کا محدود میٹرک متروک کرنا پڑتا تھا۔ دوسری طرف اس وقت تک پوری اسکیم پہلے ہی سے قابل یقین لگنے لگی تھی۔ چونکہ اس دوران تجربات ثابت کر چکے تھے کہ ذرات کی کثیر پیداوار ہوتی ہے۔

''مظہر کا مستحکم ہونا''

مذکورہ بالا موضوع تقریباً دس سال تک خاصا اختلافی رہا۔ چونکہ کاسمک اشعاع کی بوچھاڑ کا علم تقریباً ہر طبیعیات دان کو ۱۹۳۶ء کے لگ بھگ ہی ہو چلا تھا لیکن ان بوچھاڑوں کی توجیہہ بھابھا اور ہائیٹلر (Bhabha and Heitler) کے آبشاری نظریہ سے بخوبی ہوتی تھی۔ اس لئے ذرات کی کثیر پیداوار کا کوئی تجربی ثبوت نہ تھا۔ اس ثبوت کو حاصل کرتے ہوئے تقریباً ۱۹۵۰ء کا زمانہ آ گیا۔ لیکن چونکہ یہ مظہر پوری طرح مستحکم ہو چکا تھا اس لئے مجھے احساس ہوا کہ اسی سمت میں ترقی کی طرف قدم بڑھایا جا سکتا ہے۔ چنانچہ میں نے ایک قسم کا فیلڈ نظریہ وضع کرنے کی کوشش کی۔ میرا خیال تھا کہ ریاضیاتی سکیم کے لیے لی (Lee) کے ماڈل سے مدد لی جا سکتی ہے۔ لیکن مجھے یہ بھی علم تھا کہ فیلڈ نظریہ میں درحقیقت

کوئی باضابطہ ریاضیاتی سکیم ہے ہی نہیں ۔ میں نے خیال کیا کہ وقتی طور پر ایسی ریاضیاتی سکیم تلاش کی جائے جو کسی نہ کسی طرح تجربی صورت حال سے ہم آہنگ ہو۔

ابتداء میں تو ہمیں کسی ایسی اچھی فیلڈ مساوات کا علم نہ تھا جو حقیقی صورت حال اور تجربات کی نمائندگی کر سکے۔ لیکن پھر ۱۹۵۶ء میں سرن (CERN)(۱) میں میرے ایک لیکچر کے بعد جب میں پالی سے ملا تو ہم نے نئے امکانات پر غور کیا۔ ہم نے لی (Lee) سے جانا تھا کہ بیٹا زوال (Beta-decay) میں پیرٹی (Parity) محفوظ نہیں رہتی اور اس طرح کے خیالات کی سمت میں چلتے ہوئے ہم نے ایسی فیلڈ مساوات حاصل کی جس میں SU2 گروپ یعنی آئسوسپن (Isospin) شامل تھا۔ پالی اس سکیم کے بارے میں جتنا پرجوش تھا، اتنا میں نے اسے کہیں نہیں دیکھا۔ مجھے اس سے خطوط موصول ہوئے جس میں اس نے لکھا کہ اب طبیعیات کا ایک نیا دور طلوع ہو رہا ہے اور ہماری تمام مشکلات جلد ہی دور ہو جائیں گی۔ میں ہمیشہ اسے روکتا اور کہتا "خیر اتنا آسان بھی نہیں" لیکن اس بارے میں وہ بہت پر جوش اور ولولے سے بھرپور تھا۔ اس کی مرکزی دلچسپی میں انہی مسائل پر ہی مزید کام کرنا تھا۔

اس دوران میں اسے کئی بار زیورخ میں ملا۔ پھر اسے امریکہ جانا پڑا۔ وہاں اسے ان مسئلوں پر لیکچر دینے پڑے جن کے دوران اس نے اپنے خیالات کو بالترتیب اور معقول بنانے کی کوشش کی۔ اس دوران اسے احساس ہوا کہ وہ اپنی کوشش میں کامیاب نہیں ہے۔ سارا مسئلہ اس کی توقع سے کہیں زیادہ پیچیدہ تھا۔ اس سلسلے میں شاید مجھے یہ ذکر کرنا چاہیے کہ پالی نے ہمارے مشترکہ مقالے میں جو اہم ترین تصور پیش کیا تھا (ذرا ابتدائی شکل میں) وہ میدانی حالت کی ڈی جنریسی (Degeneracy) کا تصور تھا۔ جس نے بعد میں گولڈ سٹون (Goldstone) کے مسئلہ (Theorem) کے ساتھ بنیادی ذرات کی طبیعیات میں بڑا اہم کردار ادا کیا ہے۔

"پالی کی تنقیدی معاملہ فہمی"

پالی کا مجموعی کردار مجھ سے قطعی مختلف تھا۔ وہ کہیں زیادہ تنقیدی تھا اور ایک وقت میں دو کام کرنے کی کوشش کرتا تھا۔ جب کہ میرا خیال ہوتا کہ اعلیٰ سے اعلیٰ طبیعیات دان

کے لئے بھی ایسا کرنا بہت دشوار ہے۔ اول تو وہ تجربات سے تحریک حاصل کرتا اور ایک طرح کے وجدانی طریق پر یہ دیکھنے کی کوشش کرتا کہ اشیاء باہمی طور پر کیسے جڑی ہوئی ہیں۔ اس کے ساتھ ہی وہ اپنے وجدان کو معقول بنانے کی کوشش کرتے ہوئے اسے اعلیٰ پیانے کی ریاضیاتی بنیادیں فراہم کرنے کی کوشش کرتا تا کہ وہ اپنے ہر بیان کو حقیقی طور پر ثابت بھی کر سکے۔ اب میرے خیال سے تو یہ ناممکن ہی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ پالی نے اپنی ساری زندگی میں اس سے بہت کم مقالے شائع کیے جتنا کہ وہ کر سکتا تھا۔ اگر مذکورہ بالا دو راستوں میں سے صرف کسی ایک کا انتخاب کرتا۔ بوہر نے بہت سے ایسے خیالات شائع کئے جن کو وہ ثابت نہ کر سکتا تھا۔ لیکن جو آخرتاً درست ثابت ہوئے۔ اور بھی ایسے لوگ ہیں جنہوں نے منطقی طریقوں اور اعلیٰ ریاضی کی مدد سے بہت کچھ کیا ہے۔ جب پالی کو دشواریاں نظر آئیں تو وہ مکمل طور پر مایوس ہوگیا اور اس نے اپنی کوششوں کو ایک مایوس کن حالت میں ترک کر دیا۔ اس نے مجھے بتایا کہ اسے یوں محسوس ہوتا ہے جیسے اس کی تخلیقی صلاحتیں ماند پڑ گئی ہوں۔ اور یہ کہ وہ بالکل ٹھیک محسوس نہیں کر رہا۔ لیکن اس نے اشاعت کے لئے اپنی اجازت واپس لینے کے باوجود میری حوصلہ افزائی جاری رکھی۔ لیکن وہ اپنی تحقیق مزید جاری نہ رکھ سکا۔ جیسا کہ آپ کو علم ہے بدقسمتی سے چھ ماہ بعد ہی اس کا انتقال ہوگیا۔ پالی کے ساتھ میری طویل رفاقت کا یہ اداس کن اختتام تھا اور میں بس یہی افسوس سے کہہ سکتا ہوں کہ مجھے اب ہر روز اس کی نہایت پرزور تنقید میسر نہیں، جس نے میری طبیعیات کی زندگی میں ان گنت موقعوں پر میری اعانت کی تھی۔

چلیے اب ہم پھر طبیعیات کی مزید ترقیوں کی طرف لوٹتے ہیں۔ میرے خیال میں اب ہم میدانی حالت کی ڈی جنریشن کی بابت بہت کچھ جان گئے ہیں اور میرے خیال میں آپ میں سے اکثر کو مجھ سے زیادہ تفصیل اور ریاضیاتی سکیم کا بہتر علم ہوگا۔ میں صرف یہ امید کر سکتا ہوں کہ یہ تصور ایک مکمل تصویر ہے۔ مجھے کوئی شک نہیں کہ بنیادی ذرات کے مکمل طیف کو بیان کرنا اس طرح ممکن ہے جیسا کہ لوہے کے ایٹم کے طیف کو کوانٹم میکانیات کی مدد سے بیان کیا جاسکتا ہے۔ یعنی ایک وحدانی فطری قانون کی مدد سے۔ یہ قانون ہوگا تو ایک قسم کا خلاصہ۔ ان تمام تفاصیل کے مجموعہ کا جو آج کل زیر مطالعہ ہیں۔

''میرا عمومی فلسفہ''

دل تو چاہتا ہے کہ ایک نسخہ میں بھی بیان کرتا چلوں کہ نظری طبیعیات میں کام کیسے کرنا چاہیئے۔ لیکن یہ بڑا خطرناک ہوگا۔ چونکہ ہر طبیعیات دان کا نسخہ اس کا اپنا ہوگا۔ چنانچہ میں صرف اس نسخہ کی بابت بات کروں گا جو میں نے ہمیشہ خود استعمال کیا ہے۔ میرا نسخہ یہ تھا کہ خود کو کبھی صرف ایک قسم کے تجربات تک محدود نہیں کرنا چاہیئے بلکہ کوشش یہ کرنی چاہیئے کہ تمام متعلقہ تجربات کے سلسلہ میں ہونے والی ترقیوں سے باخبر رہا جائے۔ تاکہ کسی نظریہ کو ریاضیاتی یا کسی اور زبان کا لبادہ پہنانے کی کوشش کرتے وقت ذہن میں مکمل تصویر موجود ہو۔

اپنے اس عمومی فلسفہ کی وضاحت میں دو کہانیاں بیان کرتے ہوئے کروں گا۔ جب میں لڑکا تھا تو ایک بار میرے دادا جو ایک کاریگر اور عملی کام میں مہارت رکھتے تھے، مجھے ملے۔ میں اس وقت کتابوں کے ایک ڈبے کو اوپر سے ڈھکنا لگا رہا تھا۔ انہوں نے دیکھا کہ میں نے ڈھکنا اٹھایا اور ایک کیل لی اور کیل کو نیچے تک ٹھونکنے کی کوشش کی ''اوہ'' انہوں نے کہا جو کچھ تم کر رہے ہو وہ بالکل غلط ہے اس طرح سے تو کوئی بھی نہیں کرسکتا۔ اس سے جو کچھ حاصل ہوگا وہ دیکھنے میں سکینڈل ہی ہوگا۔ مجھے علم نہ تھا کہ یہ سکینڈل کیا تھا لیکن پھر وہ بولے ''میں تمہیں بتاتا ہوں کہ اسے کیسے کیا جائے'' انہوں نے ڈھکنا لیا اس میں کیل ٹھونک کر اسے تھوڑا سا باہر نکالا پھر ایک اور کیل اسی ڈھکنے میں ٹھونکی، پھر ایک اور۔ اس طرح ڈھکنے کے چاروں طرف کیل ٹھونک دیئے گئے۔ اس طرح کہ وہ تھوڑے تھوڑے ڈھکنے سے باہر نکل آئے۔ پھر ڈھکنے کو ڈبے پر اچھی طرح فٹ کر کے باری باری کیل ٹھونک دیئے گئے۔ میرے خیال میں نظری طبیعیات کرنے کا یہ ایک اچھا نسخہ ہے۔

دوسری کہانی ڈیراک اور میرے درمیان گفتگو سے متعلق ہے۔ ڈیراک اکثر یہ کہنا پسند کرتے تھے اور میں نے ہمیشہ ہی یہ محسوس کیا کہ وہ ہلکی تنقید کر رہے ہیں کہ ایک وقت میں ایک ہی مشکل کو حل کیا جا سکتا ہے۔ ہوسکتا ہے کہ یہ ٹھیک ہو لیکن میں مسئلوں کو اس طرح نہیں دیکھتا تھا۔ پھر مجھے یاد آیا کہ نیلز بوہر اس ضمن میں اکثر کہا کرتے تھے کہ اگر آپ کے پاس کوئی درست بیان ہے تو اس درست بیان کے الٹ ایک غلط بیان ہوگا۔ یہ شاید انتہا

پسندانہ بیان ہے۔لیکن جب آپ کے پاس ایک گہری صداقت ہوتو اس گہری صداقت کے مخالف بھی ایک گہری صداقت ہوسکتی ہے۔'' اس لئے میرے خیال میں شاید یہ نہ صرف کوئی گہری صداقت ہوگی بلکہ آپ ایک وقت میں صرف ایک دشواری پر قابو پا سکتے ہیں۔ بلکہ یہ بھی ایک گہری صداقت ہوگی کہ آپ کبھی بھی ایک وقت میں صرف ایک مسئلہ کو حل نہیں کر سکتے بلکہ آپ کو ایک ہی وقت میں بہت ساری مشکلات کا حل نکالنا پڑتا ہے۔'' اور اپنے اس جملے کے ساتھ ہی میں اپنی گفتگو کا اختتام کرتا ہوں۔

''نظری طبیعیات کے طریق کار''

پال ایڈریان ماؤریس ڈیراک

(Paul Adrian Maurice Dirac)

میں کوشش کروں گا آپ کو کچھ یہ بتانے کی کہ ایک نظری طبیعیات دان کیسے کام کرتا ہے۔ کس طرح فطرت کے قوانین کی بہتر سمجھ کے لئے کوشش کرتا ہے۔

اس ضمن میں ماضی میں ہونے والے کام کا بھی جائزہ لیا جا سکتا ہے۔ اس امید پر کہ شاید حال کے مسائل سے عہدہ برآ ہونے کے لیے شاید کوئی سبق کوئی اشارہ مل جائے۔ ماضی میں جن مسائل سے ہمارا واسطہ تھا ان میں بہت کچھ ایسا تھا جو ہمارے آج کے مسائل میں بھی پایا جاتا ہے۔ اس لئے ماضی کے کامیاب طریقوں کی پڑتال شاید ہمیں حال کے لئے مدد فراہم کر سکے۔

نظری طبیعیات کے لئے دو بڑے طریقہ کار ہیں جن کے مابین امتیاز کیا جا سکتا ہے۔ ان میں سے ایک تو تجربی بنیادوں پر کام کرتا ہے۔ اس کے لئے ضروری ہے کہ تجربی طبیعیات دانوں سے قریبی رابطہ رکھا جائے۔ ان تمام تجربی نتائج کے متعلق پڑھا جائے جو وہ حاصل کرتے ہیں اور ان نتائج کو جامع اور اطمینان بخش سکیموں میں پرو دیا جائے۔

دوسرا طریقہ ریاضیاتی بنیادوں پر کام کرنے کا ہے۔ اس طریقہ کار میں موجود نظریات کا تنقیدی جائزہ لیا جاتا ہے۔ پہلے غلطیوں کی نشان دہی کی جاتی ہے اور پھر ان سے چھٹکارہ پانے کی کوشش کی جاتی ہے۔ لیکن یہاں مشکل یہ ہے کہ کہیں نظریہ کو غلطیوں سے پاک کرتے کرتے موجود نظریہ کی عظیم کامیابیوں کو ہی نہ تباہ کر دیا جائے۔

یہ ہیں دو عمومی طریقہ کار لیکن صحیح بات یہ ہے کہ ان دونوں میں تفریق کے لئے کوئی لگا بندھا اصول نہیں ہے۔ بلکہ ان دو انتہاؤں کے درمیان طریقہ کار کا ایک پورا سلسلہ ہے۔

اب کس طریقہ کار کو استعمال کیا جائے۔ اس کا تعین بڑی حد تک خود موضوع مطالعہ ہی کرتا ہے۔ ایک ایسے موضوع کے لئے جس کے بارے میں معلوم اطلاعات بہت کم ہوں اور جہاں ایک بالکل ہی نئے میدان میں داخل ہوا جا رہا ہو۔ تجرباتی مشاہدات پر مبنی طریق کار اختیار کرنا پڑتا ہے۔ ایک نئے موضوع کے لئے ابتداء میں تو صرف تجرباتی نتائج کو مجتمع کر کے انہیں درجہ بند کیا جاتا ہے۔

مثال کے طور پر آیئے ہم اپنی یادوں کو تازہ کریں کہ ایٹموں کے دوری نظام (Periodic System) کے بارے میں ہمارے علم نے اس طرح ترقی کی ہے۔ پہلے پہل صرف تجربی حقائق جمع کر کے درجہ بند کئے گئے۔ جیسے جیسے نظام تعمیر ہوتا گیا توں توں اعتبار بڑھتا گیا۔ تو وقتیکہ نظام تقریباً مکمل ہوگیا تو اعتبار اتنا بڑھ گیا کہ نظام میں پائے جانے والے وقفوں کی بنیاد پر نئے ایٹموں کی پیشن گوئی کی جانے لگی۔ بعد کی کھوج سے ان پیشن گوئیوں کی تصدیق ہوئی، نئے ایٹم دریافت کئے گئے۔

حالیہ سالوں میں اونچی توانائی طبیعیات کے نئے ذرات کے بارے میں کچھ ایسی ہی صورت حال سامنے آئی ہے۔ ان سب کو بھی ایک ایسے نظام میں فٹ کیا گیا ہے جس پر طبیعیات دانوں کو اتنا اعتبار ہے کہ جہاں اس نظام میں وقفے ہیں ان کو پر کرنے کے لیے ذرات کی پیشن گوئی کی گئی ہے۔

طبیعیات کے ایسے علاقے جن کے بارے میں معلومات تقریباً نہ ہونے کے برابر ہیں وہاں تجربی مشاہدات کو بنیاد بنانا چاہئے تاکہ ایسی بے مہار قیاس آرائی نہ کی جائے جس کا درست نہ ہونا یقینی ہو۔ میں قیاس آرائی کے بالکل خلاف نہیں ہوں۔ یہ اگر آخرتاً غلط ہو بھی جائے تو پُر تفریح بھی ہوسکتی ہے اور بالواسطہ طور پر کارآمد بھی۔ نئے خیالات کے بارے میں ذہن ہمیشہ کھلا رکھنا چاہئے۔ اس لئے قیاس آرائی کی مکمل مخالفت نہیں کرنی چاہئے۔ لیکن پھر بھی احتیاط لازم ہے تاکہ اس میں پھنس کر ہی نہ رہ جائیں۔

''کونیاتی قیاس آرائیاں''

تحقیق کا ایک میدان جس میں حد سے زیادہ قیاس آرائی ہوئی ہے وہ ''کونیات'' ہے۔ یہاں مشاہداتی حقائق جن پر نظریہ کی بنیاد رکھی جا سکے، بہت تھوڑے ہیں۔ لیکن نظری محققین اپنے اپنے دل پسند مفروضات کی بنیادوں پر کائنات کے مختلف ماڈل بنانے میں مصروف ہیں۔ شاید یہ تمام ماڈل ہی غلط ہیں۔ اکثر یہ فرض کر لیا جاتا ہے کہ فطرت کے قوانین ہمیشہ سے ایسے ہی تھے جیسے آج ہیں۔ اس مفروضہ کی کوئی بنیاد نہیں ہے۔ ممکن ہے قوانین بالکل بدل رہے ہیں۔ خصوصاً وہ مقداریں جن کو فطرت میں مستقل قرار دیا گیا ہے۔ ممکن ہے کونیاتی وقت کے ساتھ ساتھ بدل رہی ہوں۔ اس طرح کی تبدیلی ماڈل سازوں کو مکمل طور پر پریشان کر دے گی۔

جیسے جیسے موضوع کے متعلق معلومات بڑھتی ہیں تو پھر نظریہ سازی کے لئے مواد وافر مقدار میں دستیاب ہوتا ہے۔ ایسی صورت حال میں ریاضیاتی طریق کار کا استعمال زیادہ سے زیادہ ہونا چاہیے۔ ایسے میں ریاضیاتی خوبصورتی کے لئے جستجو اساسی تحریک ہوتی ہے۔ نظری طبیعیات دان ریاضیاتی کی ضرورت کو ایمان کا حصہ سمجھ کر قبول کرتے ہیں۔ گو اس کے لئے کوئی جبری وجہ نہیں ہے۔ لیکن پھر بھی یہ ماضی میں ایک نہایت ہی منافع بخش ہدف ثابت ہوا ہے۔ مثال کے طور پر نظریہ اضافیت کی عالمی مقبولیت کی بڑی وجہ اس کی ریاضیاتی خوبصورتی ہے۔

ریاضیاتی طریق عمل کے ساتھ بھی دو بڑے طریقے ہیں جن کو اختیار کیا جا سکتا ہے۔ (i) تناقضوں (Inconsistencies) کو دور کیا جائے۔(ii)ان نظریات کو متحد کیا جائے جن میں پہلے کوئی ربط نہ تھا۔

''طریقوں کی مدد سے کامیابی''

بہت سی مثالیں ہیں جہاں طریقوں کی پیروی سے اعلیٰ اور شاندار کامیابی حاصل ہوئی ہے۔ (i) میکسول نے اپنے زمانے کی برقناطیسی مساوات میں تناقض کی چھان بین کی جس کے نتیجے میں اس نے ہٹاؤ کرنٹ (Displacement Current) کو متعارف

کروایا۔ جس کی بناء پر برقی مقناطیسی لہروں کا نظریہ وضع ہوا۔ پلانک (Planck) نے سیاہ جسم اشعاع کے نظریے میں دشواریوں کے مطالعے کے نتیجے میں ''کوانٹم'' متعارف کروایا۔ آئن سٹائن نے سیاہ جسم اشعاع میں ایٹم کے توازن کے نظریہ میں ایک نقص دیکھا اور جس کو دور کرنے کے لئے اس نے ہیجان شدہ اخراج (Stimulate Emission) کا تعارف کروایا۔ جس کے نتیجے میں جدید لیزر ایجاد ہوئے۔ لیکن اعلیٰ ترین مثال آئن سٹائن کے نظریہ تجاذب کی دریافت ہے جو نیوٹن کی تجاذب کو خصوصی اضافیت سے ہم آہنگ کرنے کی کوشش کے نتیجے میں نمودار ہوئی۔

عملی طور پر دوسرا طریق کار بہت زیادہ مفید ثابت نہیں ہوا ہے۔ یہ خیال کرنا مناسب ہے کہ چونکہ تجاذبی اور برقناطیسی میدان طبعیات کے دو معلوم طویل فاصلی میدان ہیں اس لئے ان کا آپس میں قریبی رشتہ ہونا چاہیے۔ لیکن آئن سٹائن نے ان کو متحد کرنے کے لئے سالہاسال لا حاصل کوشش کی۔ لگتا ہے کہ ایسے بے جوڑ نظریات کو جس میں بظاہر کوئی تناقض نہ ہو، متحد کرنے کے لیے براہ راست کوشش عموماً بے حد دشوار ثابت ہوتی ہے۔ اگر کبھی کوئی کامیابی ہوئی بھی تو بالواسطہ طریقے سے حاصل ہوگی۔

چاہے کوئی تجربی راہ یا ریاضیاتی طریق عمل اپناتا ہے۔ یہ اس امر پر منحصر ہے کہ موضوع مطالعہ کیا ہے۔ لیکن پھر بھی مکمل طور پر ایسا نہیں ہے۔ اس کی مثال کوانٹم میکانیات کی دریافت ہے۔

اس میں ہائزنبرگ اور شروڈنگر جیسے دو حضرات پیش پیش ہیں۔ ہائزنبرگ تجربی بنیاد پر کام کر رہا تھا۔ وہ طیف بینی سے حاصل شدہ نتائج جو ۱۹۲۵ء میں بے شمار اعداد پر مشتمل تھے کو استعمال کر رہا تھا۔ ان میں بہت سے اعداد و شمار مفید نہ تھے۔ لیکن کچھ نہ کچھ ضرور تھے۔ مثلاً کسی ضعفی خط (Multiplet) کے مختلف خطوں (Lines) کی اضافی شدتیں (Relative Intensities)۔ یہ ہائزنبرگ کی غیر معمولی اختراعی قابلیت تھی کہ اس نے دستیاب بے شمار معلومات میں سے اہم چیزوں کو چن لیا اور انہیں ایک فطری سکیم میں درجہ بند کر لیا۔ اس طرح اس نے میٹریسوں (Matrices) تک رسائی حاصل کر لی۔

شروڈنگر کا طریق کار بہت مختلف تھا۔ اس نے ریاضیاتی بنیادوں سے ابتداء کی۔ وہ ہائزنبرگ کی طرح جدید ترین طیفی نتائج سے باخبر نہ تھا۔ لیکن اس کے ذہن میں یہ خیال

تھا کہ طیفی تعدد کا تعین آئگن قیمت مساواتوں سے کچھ اس طرح سے ہونا چاہئے جیسا کہ ارتعاشی سپرنگوں کے نظام کے تعدد کا ہوتا ہے۔ اس خیال نے کافی عرصے اس کے ذہن کو مصروف رکھا اور بالآخر وہ بالواسطہ طور پر درست مساوات کو دریافت کرنے کے قابل ہوا۔

''اضافیت کا اثر''

اس ماحول کو سمجھنے کے لئے جس میں اس زمانے کے نظری طبعیات دان کام کر رہے تھے اضافیت کو ذہن میں رکھنا لازمی ہے۔ اضافیت سائنسی فکر کی دنیا میں بے پناہ اثر کے ساتھ اور دھماکہ خیز انداز میں ایک طویل اور دشوار کن جنگ کے خاتمہ پر نمودار ہوئی۔ ہر کوئی جنگ کی تھکن سے فرار چاہتا تھا۔ اس لئے اس نئے فلسفہ او رفکر کی نئی جہت کو بڑی پذیرائی حاصل ہوئی۔ اس نظریہ نے جو ہیجان پیدا کیا اس کی مثال سائنس کی تاریخ میں اور کہیں نہیں ملتی۔

اس ہیجانی پس منظر میں طبعیات دان ایٹموں کے استحکام کے راز کو آشکارہ کرنے کی کوشش کر رہے تھے۔ دوسروں کی طرح شروڈنگر بھی نئے تصورات کے رنگ میں ڈھل گیا۔ یہی وجہ ہے کہ اس نے کوانٹم میکانیات کا بھی اضافیت کے دائرے میں وضع کرنے کی کوشش کی۔ ہر شے کو زمان و مکان میں ویکٹروں اور ٹینسروں (Vectors and Tensors) کی شکل میں بیان کرنا تھا۔ یہ بدقسمتی اس لئے تھی چونکہ وقت اضافی کوانٹم میکانیات کے لئے ابھی تیار نہ تھا۔ نتیجتاً شروڈنگر کی دریافت میں تاخیر ہوگئی۔

شروڈنگر، ڈی بروگلی (De-Broglie) لہروں اور ذرات کو اضافی طور پر باہم ملانے کے خوبصورت خیال پر کام کر رہا تھا۔ ڈی بروگلی کا تصور صرف آزاد ذروں پر قابل اطلاق تھا اور شروڈنگر اسے ایٹم میں بندھے الیکٹرون پر اطلاق کے لئے عمومی کرنے کی کوشش میں لگا ہوا تھا۔ آخر کار وہ اضافی فریم ورک میں رہتے ہوئے اپنی کوشش میں کامیاب ہوا۔ لیکن جب اس نے اپنے نظریے کا اطلاق ہائیڈروجن ایٹم پر کیا تو اسے پتا چلا کہ وہ تجربی مشاہدات سے ہم آہنگ نہیں ہے۔ یہ فرق اس لئے نکلا تھا کہ اس نے الیکٹرون کی سپن کو اپنے حساب میں شامل نہیں کیا تھا۔ اس وقت تک سپن کا تصور سامنے نہیں آیا تھا۔ شروڈنگر نے یہ دیکھا کہ اس کا نظریہ غیر اضافی تخمینے میں درست تھا۔ بالآخر کچھ مہینوں کی

تاخیر سے اسے اپنے کام کی ایک کم تر شکل شائع کرنا پڑی۔

اس کہانی سے یہ سبق ملتا ہے کہ ایک ہی ہلے میں سب کچھ حاصل کرنے کی کوشش نہیں کرنی چاہیئے۔ طبیعیات میں دشواریوں کو جہاں تک ممکن ہے ایک دوسرے سے علیحدہ کر لینا چاہیئے اور پھر انہیں ایک ایک کر کے دور کرنے کی کوشش کرنی چاہیئے۔

ہائزنبرگ اور شروڈنگر نے ہمیں کوانٹم میکانیات کی دو شکلیں دیں۔ جو جلد ہی مساوی پائی گئیں۔ یہ ایک حقیقت کی دو تصاویر ہیں جن کو ایک ریاضیاتی ٹرانسفارمیشن باہم ملاتی ہے۔

میں نے کوانٹم میکانیات پر ابتدائی کام میں شرکت کی۔ میرا طریق کار ریاضی کی بنیادوں پر تھا اور اس کا نقطہ نگاہ بڑا تجریدی تھا۔میں نے غیر کموٹیٹو (Non-Commutative) الجبرا سے ابتداء کی جس کی تحریک مجھے ہائزنبرگ کے میٹریسوں سے ملی تھی جو نئی حرکیات کا خاص فیچر تھے۔ پھر میں نے جائزہ لیا کہ کلاسیکی حرکیات کو کیسے موافق بنا کر اس میں فٹ کیا جائے۔ دوسرے لوگ بھی اس موضوع پر مختلف نقطہ نگاہ سے کام کر رہے تھے۔ اور ہم سب نے تقریباً ایک وقت ایک جیسے نتائج حاصل کئے۔

''ثمر آور سکونی حالت''

میں یہ بتاتا چلوں کہ میں نے اعلیٰ ترین خیالات اس وقت نہیں پائے جب میں تندہی سے ان کی تلاش میں تھا۔ یہ اس وقت حاصل ہوئے جب میں نسبتاً پر سکون حالت میں تھا۔ پروفیسر بیتھے (Bethe) نے ہمیں بتایا کہ انہیں خیالات ریلوے کے سفر کے دوران آتے ہیں اور عموماً سفر کے اختتام سے پہلے وہ ان کی تفصیل طے کر چکتے ہیں۔ میرے ساتھ ایسا نہ ہوتا تھا۔ میں اتوار کے دن اکیلے ہی لمبی سیر پر نکلا کرتا جس کے دوران میں فرصت سے تازہ صورت حال کا جائزہ لیتا۔ ایسے مواقع اکثر ثمر آور ثابت ہوتے۔ حالانکہ (یا شاید اس وجہ سے) سیر کا بنیادی مقصد تفریح تھا نہ کہ تحقیق۔

انہی موقعوں میں سے کوئی ایک ایسا تھا جس کے دوران مجھے کیموٹیٹروں (Commutators) اور پوآئسون بریکٹ (Poissons Bracket) کے مابین رشتے کا خیال آیا۔ میں اس وقت پوآئسون بریکٹ کے بارے میں بہت کچھ نہیں جانتا تھا اس لئے

اس رشتے کے بارے میں بہت مشکوک تھا۔ گھر پہنچنے پر مجھے علم ہوا کہ میرے پاس کوئی ایسی کتاب نہیں جو پوآئسون بریکٹوں کی تشریح کر سکے۔ چنانچہ مجھے بڑی بے تابی سے اگلی صبح تک لائبریری کھلنے کا انتظار کرنا پڑا تا کہ میں اس خیال کی تصدیق کر سکوں۔

کوانٹم میکانیات کی ترقی سے نظری طبیعیات میں ایک نئی صورت حال پیدا ہوئی۔ بنیادی مساواتیں، ہائزنبرگ کی مساوات حرکت کیوٹیشن رشتے اور شروڈنگر کی لہری مساوات سب کے سب اپنی طبعی تعبیروں کے بغیر دریافت ہوئے تھے۔ حرکی تفاعلوں کے باہم کیموٹ نہ ہونے کی وجہ سے ایسی براہ راست تعبیر جو کلاسیکی میکانیات میں استعمال ہوتی تھی یہاں ممکن نہ تھی۔ چنانچہ نئی مساوات کی صحیح تعبیر اور اس کا اطلاق کے طریقوں کا دریافت کرنا ایک مسئلہ بن گیا۔

مسئلہ کا حل براہ راست نہیں ہوا۔ لوگوں نے غیر اضافی ہائیڈروجن اور کومپٹن انتشار جیسی مثالوں کا مطالعہ کیا اور ایسے مخصوص طریقے دریافت کیے جو ان مثالوں کے لئے کارآمد تھے۔ بتدریج اس کی تعمیم کی گئی اور چند سال میں ارتقائی عمل کے ذریعے نظریہ کی مکمل سمجھ ہائزنبرگ کے اصول غیر یقینی اور لہری تفاعل کی عمومی شماریاتی تعبیر کے ساتھ موجودہ شکل میں تکمیل کو پہنچی۔

کوانٹم میکانیات کی ابتدائی تیز ترقی غیر اضافی حالت میں ہوئی لیکن لوگ اس صورت حال سے خوش نہ تھے۔ ایک واحد الیکٹرون کے لئے اضافی نظریہ۔ اصلی شروڈنگر مساوات وضع کی گئی جو کلائن اور گورڈن(Klein and Gordan)نے دوبارہ دریافت کی اور جو انہی کے نام سے جانی جاتی ہے۔ لیکن اس کی تعبیر کوانٹم میکانیات کی عمومی شماریاتی تعبیر سے مطابقت نہ رکھتی تھی۔

''ٹینسر وں سے سپنر ون تک''

اس زمانے کی سوجھ بوجھ کے مطابق تمام اضافی نظریات کو ٹینسر ون کی شکل (Tensor Form) میں بیان کرنا لازمی تھا۔ اس بناء پر کلائن، گورڈن نظریہ سے بہتر اور کچھ حاصل نہ ہوسکتا تھا۔ اکثر طبیعیات دان کلائن، گورڈن نظریہ کو واحد الیکٹرون کے لئے ممکنہ بہترین اضافی نظریہ قبول کرنے پر قانع تھے۔ لیکن میں ہمیشہ اس کے اور عمومی اصولوں

کے درمیان غیر مطمئن رہتا اور مسلسل اس بارے میں غور وفکر کرتا تاوقتیکہ میں اس کا حل نہ ڈھونڈ نکالتا۔

ٹینسر ناکافی ہیں اور میں نے ان سے اجتناب کرتے ہوئے ان کی جگہ دو قیمتی مقداروں جنہیں اب سپنر(Spinor) کہتے ہیں، کا تعارف کروایا۔ ان لوگوں کے لئے جو ٹینسروں سے بخوبی واقف تھے، ان سے اجتناب کرنا اور ان سے زیادہ عمومی چیز کے بارے میں سوچنا ممکن نہ تھا۔ میں یہ صرف اس لئے کر سکا کہ میں ٹینسروں کی نسبت سے کوانٹم میکانیات کے عمومی اصولوں سے زیادہ رغبت رکھتا تھا۔ جب ایڈنگٹن (Eddington) نے ٹینسروں سے دور جانے کا امکان دیکھا تو وہ بڑا حیران ہوا۔ ضروری ہے کہ کسی ایک مخصوص طرز فکر کے بہت زیادہ لگاؤ سے بھی بچا جائے۔

سپنروں کے تعارف نے ایسا اضافی نظریہ فراہم کیا جو کوانٹم میکانیات کے عمومی اصولوں سے بھی ہم آہنگ تھا اور جو الیکٹرون کی سپن کو بھی فطری طور پر بیان کرتا تھا۔ حالانکہ یہ کام حقیقی منشاء نہ تھی۔ لیکن اب منفی توانائیوں کا ایک نیا مسئلہ کھڑا ہو گیا۔ نظریہ مثبت اور منفی توانائیوں کے درمیان تشاکل دیتا ہے جب کہ فطرت میں مثبت توانائیاں ہی ہوتی ہیں۔

جیسا کہ تحقیق کے ریاضیاتی طریق کار میں اکثر ہوتا ہے۔ ایک مشکل کا حل دوسری مشکل کو جنم دیتا ہے۔ آپ یہ خیال کریں گے کہ اس طرح تو کوئی حقیقی ترقی نہیں ہوتی۔ لیکن ایسا نہیں ہے۔ چونکہ دوسری غلطی پہلی سے کہیں آگے کی ہوتی ہے۔ شاید یہ ہوتا ہے کہ دوسری غلطی تمام اوقات موجود تھی لیکن اسے واضح کرنے کے لئے پہلی کا حل ضروری تھا۔

منفی توانائی کی دشواری کا بھی یہی کیس تھا۔ تمام اضافی نظریات مثبت اور منفی توانائیوں کے درمیان تشاکل دیتے ہیں۔ لیکن ماضی میں یہ دشواری نظریہ کی زیادہ غیر پختہ غیر کاملیت میں پوشیدہ رہ گئی تھی۔ اس طرح الیکٹرونوں کے ساتھ پازیٹرونوں کا نظریہ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح ہمارا علم ایک اور مرحلے سے آگے بڑھ جاتا ہے۔ لیکن پھر ایک اور دشواری نمودار ہوتی ہے۔ اس بار یہ الیکٹرون اور برقی مقناطیسی میدان کے باہمی تعامل سے متعلق ہے۔

جب ان مساداتوں کو لکھا جاتا ہے جو اس یقین کے مطابق تعامل کو صحت سے

بیان کرتی ہیں اور انہیں حل کرنے کی کوشش کی جاتی ہے تو ان مقداروں کے لئے جو متناہی ہونی چاہئیں لامتناہی انٹگرل حاصل ہوتے ہیں۔دراصل یہ دشواری ہمیشہ ہی سے موجود تھی لیکن نظریہ میں خوابیدہ پڑی تھیں۔اور حال ہی میں منظر عام پر آئی ہے۔

''غلط راستے پر؟''

جب نکاتی الیکٹرونوں اور برقی مقناطیسی میدان کے باہمی تعامل کو کلاسیکی طریق سے حل کرنے کی کوشش کی جاتی ہے تو پھر میدان کی منفردیتوں(Singularities) سے واسطہ پڑتا ہے۔ لوگ ان دشواریوں سے لورنٹز (Lorentz) کے زمانے سے ہی واقف تھے۔ چونکہ لورنٹز ہی نے الیکٹرون کی حرکت کی مساواتیں وضع کی تھیں۔ ہائزنبرگ اورشروڈنگر کی کوانٹم میکانیات کے ابتدائی دنوں میں لوگوں کا خیال تھا کہ نئی میکانیات ان سب دشواریوں کو حل کردے گی۔لیکن جلد ہی ثابت ہوا کہ یہ توقعات پوری نہیں ہوئیں۔ یہ دشواریاں الیکٹرونوں اور برقی مقناطیسی میدان کے باہم تعامل کے کوانٹم نظریہ کوانٹم الیکٹرو ڈائنامکس (Quantum Electro-dynamics) کے انفراجوں کی شکل میں دوبارہ نمودار ہوتی ہیں۔گو یہ ان لامتناہیوں سے جو منفی توانائی کے الیکٹرونوں کے سمندر سے منسلک ہیں، کچھ حد تک تبدیل ہو جاتی ہیں لیکن پھر بھی، وہ ایک غالب مسئلہ کے طور پر ممتاز رہتی ہیں۔

انفراجوں (Divergences) کی دشواری بہت خراب ثابت ہوئی۔ بیس سال تک کوئی ترقی ممکن نہ ہوسکی۔ پھر ایک ترقی ہوئی جس کی شروعات لیمب(Lamb) کی دریافت اور لیمب ہٹاؤ(Lamb's Shift) کی تشریح سے ہوئی۔اس نے نظری طبیعیات کا کردار بنیادی طور پر تبدیل کر دیا۔اس طریقے سے ایسے کلیوں کو وضع کرنا شامل تھا جن کے مطابق لامتناہیوں کو فاضل قرار دیا جاتا ہے۔ یہ کلیے قطعی ہیں اور ان کی مدد سے ایسی باقیات بچتی ہیں جن کو تجربات سے موازنہ کیا جاسکتا ہے۔ پھر بھی یہ صرف کام کے کلیے ہی ہیں باقاعدہ ریاضی نہیں۔

آج کل نظری طبیعیات دانوں کی اکثریت اس صورت حال سے مطمئن نظر آتی ہے۔لیکن میں نہیں۔ میرا یقین ہے کہ مذکورہ بالا ترقی کی وجہ سے نظری طبیعیات غلط راستے پر چل پڑی ہے۔اور ہمیں اس بارے میں خاطر جمع نہیں رکھنی چاہئے۔

اس صورت حال میں اور ۱۹۲۷ء کی صورت حال میں جب اکثر طبیعیات دان کلائن گورڈن مساوات سے مطمئن ہوئے بیٹھے تھے خاصی مماثلت ہے۔ انہیں کلائن گورڈن مساوات سے حاصل ہوتے ہوئے منفی امکانات تنگ نہیں کر رہے تھے۔

ہمیں واضح طور پر یہ سمجھ لینا چاہئے کہ جب ہمیں اپنی مساواتوں میں سے لامتناہیوں کو حذف کرنا پڑتا ہے تو پھر کوئی نہ کوئی سخت گڑ بڑ ہوتی ہے۔ اس صورت حال میں ہمیں ہر قیمت پر منطق کے بنیادی اصولوں پر قائم رہنا چاہئے۔ ان نکات کے بارے میں پریشان ہونے سے ہوسکتا ہے کہ کوئی اہم ترقی ہو جائے۔ کوانٹم الیکٹرو ڈائنامکس طبیعیات کا وہ علاقہ ہے جس سے ہم بڑی اچھی طرح واقف ہیں۔ اسے باضابطہ بنائے بغیر ہم دوسرے میدانی نظریات میں کوئی اساسی ترقی نہیں کر سکتے۔ گو تجربی بنیادوں پر ان کی ترقی جاری رہے گی۔

آئیں ہم دیکھیں کہ موجودہ کوانٹم الیکٹروڈائنامکس کو کس طرح صحیح منطقی بنیادوں پر استوار کیا جا سکتا ہے۔ ہمیں اس معمول کو برقرار رکھنا چاہئے جس کے مطابق صرف انہی مقداروں کو مسترد کیا جاتا ہے جن کے متعلق یقین ہو کہ وہ بہت قلیل ہیں۔ گو اس یقین کی بنیادیں بھی متزلزل ہیں۔

لامتناہیوں سے نمٹنے کے لئے ہمیں حد بندی(Cut-off) کے کسی طریق کار سے رجوع کرنا پڑے گا۔ ریاضی میں جب بھی ہمیں کسی ایسے سلسلے(Series) یا انٹگرل سے واسطہ پڑتا ہے جو مطلق طور پر سمٹایانہ جا سکے (Non Convergent) تو ہمیں حد بندی کے طریق کار سے رجوع کرنا پڑتا ہے۔ جب ہم کسی حد کو متعارف کرواتے ہیں تو ہم اسے دور سے دور لے جا کر ایک ایسی حد تک لے جاتے ہیں جو خود حد بندی کے عمل پر منحصر ہوتی ہے۔ یا پھر ہم حد بندی کو متناہی رکھتے ہیں۔ آخرالذکر کیس میں ہمیں ایسی مقداروں کو دریافت کرنا چاہیئے جو حد بندی سے لاتعلق ہوں۔

کوانٹم الیکٹروڈائنامکس میں لامتناہیوں ذرات اور برقناطیسی میدان کے باہمی تعامل کی توانائی میں اونچی توانائی رقموں (High Energy Terms) کی وجہ سے نمودار ہوتی ہیں۔ حد بندی کے عمل میں ایک توانائی جیسے g کا تعارف کروایا جاتا ہے جس سے دور تعامل توانائی رقموں کو مسترد کردیا جاتا ہے۔ اس سے پتہ یہ چلتا ہے کہ ہم g کو لامتناہی

نہیں بنا سکتے چونکہ اس کے ساتھ ہی مساداتوں کو منطقی طور پر حل کرنے کا امکان بھی معدوم ہو جاتا ہے۔

اس سے نظریہ کا اضافی عدم تغیر (Invariance) بھی تباہ ہو جاتا ہے۔ یہ افسوس ناک تو ہے لیکن پھر بھی منطق سے فرار کے مقابلے میں کم تر بد ہے۔ اس کا نتیجہ ایک ایسے نظریہ کی صورت میں نکلتا ہے جو ایسی اونچی توانائی جو g کے لگ بھگ یا اس سے زیادہ ہو، عملوں کے لئے درست نہیں ہو سکتی۔ لیکن پھر بھی ہماری توقع ہے کہ یہ نچلے درجے کی توانائی عملوں کے لئے ایک اچھا تخمینہ (Approximation) ہوگی۔

طبعی وجوہات کی بناء پر ہمیں توقع کرنی چاہئے کہ ہمیں g کو چند سوملین الیکٹرون وولٹ (Mev) کے لگ بھگ لینا ہوگا۔ یہ وہ علاقہ ہے جہاں کوانٹم ڈائنامکس خود میں مکمل موضوع نہیں رہتا اور طبیعیات کے دوسرے ذرات کردار ادا کرنے لگتے ہیں۔ g کی یہ قیمت نظریہ کے لئے قابل اطمینان ہے۔

متناہی حد بندی کے ساتھ کام کرتے ہوئے ہمیں ایسی مقداروں کی تلاش کرنا ہوگی جو حد بندی کی مخصوص قیمت یا طریق کار سے لاتعلق رہے۔ تب ہمیں پتہ چلتا ہے کہ ایسی سکیم کے لئے شروڈنگر تصویر موزوں نہیں ہے۔ شروڈنگر مساوات کے حل حتیٰ کہ وہ حل بھی جو خلاء حالت کو بیان کرتے ہیں حد بندی پہ بہت حساس طور پر جڑے ہوئے ہیں۔ لیکن ہائزنبرگ تصویر میں کچھ حسابات ایسے ہیں جن کے نتائج حد بندی سے لاتعلق ہیں۔

اسی طرح سے لیمب ہٹاؤ اور الیکٹرون کا باقاعدہ مقناطیسی معیار حرکت معلوم کیا جا سکتا ہے۔ نتائج بیس سال پہلے کے حاصل کردہ نتائج ہی جیسے ہیں جن کو لامتناہیوں کو مسترد کرنے والے طریق کار کی مدد سے حاصل کیا گیا تھا۔ لیکن فرق یہ ہے کہ نتائج کو اب ایسے منطقی طریق کار سے حاصل کیا جانا چاہئے جس میں معمول کا ایسا ریاضی استعمال ہوتا ہے جس میں صرف بہت چھوٹی مقداروں ہی کو نظرانداز کیا جاتا ہے۔

اب چونکہ ہم شروڈنگر تصویر کو استعمال نہیں کر سکتے اس لئے ہم کوانٹم میکانیات کی عام طبعی تعبیر بھی استعمال نہیں کر سکتے جس میں لہری تفاعل کے مطلق کا مربع استعمال ہوتا ہے۔ اب ہمیں ہائزنبرگ تصویر قابل اطلاق نئی طبعی تعبیر کو تلاش کرنا ہوگا۔ کوانٹم الیکٹروڈائنامکس کی صورت حال کچھ ایسی ہے جیسی کہ کوانٹم میکانیات کے ابتدائی دنوں میں تھی

جب ہمارے پاس حرکت کی مساوات تو تھی لیکن اس کی عمومی طبعی تعبیر دستیاب نہ تھی۔

لیمب ہٹاؤ اور بے قاعدہ مقناطیسی معیار حرکت کو معلوم کرنے کے حسابات کا ایک فیچر قابل توجہ ہے۔ پتہ چلتا ہے کہ شروع کی جانے والی مساواتوں میں الیکٹرون کی کمیت اور چارج e کے لئے جو رقمیں استعمال کی جاتی ہیں وہ ان کی دریافت کردہ تجربی قیمتوں کے برابر نہیں ہیں۔ اگر ہم مشاہدہ شدہ قیمتوں کے لئے m اور e کے نشان ہی رکھیں تو ہمیں مساواتوں میں انہیں m+gm اور e+ge سے بدلنا پڑے گا۔ جبکہ gm اور ge ایسی چھوٹی تصحیحیں (Corrections) ہیں جن کا حساب کیا جا سکتا ہے۔ اس طریق کار کو ''ری نارملائزیشن'' کہتے ہیں۔

''کوانٹم الیکٹروڈائنامکس میں دشواری''

ابتدائی مساواتوں میں ایسی تبدیلی کی اجازت ہے۔ ہم کسی بھی ابتدائی مساوات سے شروع کر سکتے ہیں۔ پھر ان سے استخراج کرتے ہوئے نظریہ کو ترقی دے سکتے ہیں۔ آپ کو شاید خیال ہو کہ اگر نظری طبیعیات کسی بھی مفروضے سے ابتداء کر سکتی ہے تو ان کا کام آسان ہے۔ لیکن دشواری یہ ہو جاتی ہے کہ ایک دفعہ مفروضوں کو چن لیا جائے تو پھر نظریہ کے تمام اطلاقوں کے لئے انہی ابتدائی مفروضوں سے شروعات کرنا ہوگی۔ اس وجہ سے اس کی آزادی بڑی سختی سے پابند ہو جاتی ہے۔ ری نارملائزیشن کی اجازت ہے۔ چونکہ یہ ایک سادہ تبدیلی ہے جو کائناتی طور پر ہر اس کیس پر قابل اطلاق ہے جہاں برقی چارج کے حامل ذرات برقی مقناطیسی میدان کے ساتھ تعامل کر رہے ہوں۔

فوٹون کی خود توانائی سے متعلق ایک سنگین دشواری اب بھی کوانٹم ڈائنامکس کے ساتھ برقرار ہے۔ اس کا حل ڈھونڈنے کے لئے ہمیں شروع کی مساواتوں میں مزید تبدیلیاں کرنی پڑیں گی جو ری نارملائزیشن سے زیادہ پیچیدہ قسم کی ہوں گی۔

حتمی ہدف ایسی موزوں ابتدائی مساواتوں کا حاصل کرنا ہے جن سے تمام ایٹمی طبیعیات کو حاصل کیا جا سکے۔ ابھی ہم اس ہدف سے کہیں دور ہیں۔ اس کی طرف ہمارے سفر کا پہلا پڑاؤ چھوٹی توانائی طبیعیات کے نظریہ کو کامل کرنا ہے جو کوانٹم الیکٹروڈائنامکس ہے۔ کوشش کر کے اسے پھر اونچی سے اونچی توانائیوں تک توسیع دی جائے۔ حقیقت تو یہ

ہے کہ موجودہ کوانٹم الیکٹروڈائنامکس اعلیٰ درجے کی ریاضیاتی خوبصورتی کے اس معیار پر پورا نہیں اترتا جس کی ایک اساس طبعی نظریہ سے توقع کی جاتی ہے۔ جس سے اس شک کو تقویت ملتی ہے کہ اب بھی بنیادی تصورات میں انتہائی بنیادی نوعیت کی تبدیلیوں کی ضرورت ہے۔

''۱۹۸۸ء کے ڈیراک میموریل لیکچروں کا پہلا لیکچر''

''اساسی قوتوں کی وحدت''

یہ میری بڑی عزت افزائی ہے کہ مجھے پی۔اے۔ ایم ۔ ڈیراک لیکچر دینے کے لئے مدعو کیا گیا۔ ہم سب ڈیراک سے پیار کرتے تھے۔ میں نے انہیں ہمیشہ احترام اور عقیدت سے دیکھا۔ حاضرین میں اتنے سارے دوستوں کو دیکھ کر میں بھی بہت خوش ہوا ہوں۔ میں خود پرانا جونین (Johnian) ہوں۔ میں خاص طور پر سینٹ جان لاج کے ماسٹر سرہیری ہنسلے (Sir Harry Hinsley) کا ذکر کروں گا۔ سرہیری ایک نامور تاریخ دان ہیں۔ میں ان سے مخاطب ہو کر آپ سب کو اطمینان دلانا چاہتا ہوں کہ میں اپنی گفتگو میں ممکنہ حد تک کم تکنیکی تفصیل استعمال کروں گا۔

پال ایڈریان ماؤرلیس ڈیراک بلاشبہ نہ صرف اس صدی بلکہ کسی بھی اور صدی کے عظیم ترین طبعیات دانوں میں سے ایک تھے۔ ۱۹۲۵ء، ۱۹۲۶ء اور ۱۹۲۷ء کے تین فیصلہ کن سالوں میں انہوں نے نے تین مقالوں میں پہلے کوانٹم میکانیات کی دوم۔ میدانوں کے کوانٹم نظریہ کی اور تیسرے اپنی مشہور الیکٹرون کی مساوات کے ساتھ بنیادی ذرات کے نظریہ کی بنیادی رکھی (اس لیکچر کے دوران میں میدانوں کے کوانٹم نظریے اور الیکٹرون کے لیے ڈیراک مساوات کے متعلقہ تصورات کی وضاحت کروں گا)۔ ڈیراک سے ملنے پر احساس ہوتا کہ ایک عظیم سائنس دان مکمل طور پر کس طرح اپنے کام میں مگن ہوتا ہے۔ سائنسی تخلیق کی بیش بہا مسرت کا احساس ان کی صحبت میں ہوتا تھا۔ وہ بلاشبہ ان عظیم ترین انسانوں میں سے ایک تھے جن سے ملاقات کا شرف مجھے اپنی زندگی میں حاصل ہوا۔

ان حضرات کے لیے جو ڈیراک سے کبھی نہیں ملے میں ایک نامہ نگار کے مضمون

سے اقتباس پیش کرنا چاہوں گا۔ یہ مضمون وسکونسن یونیورسٹی کے ایک اخبار نویس نے ان کے بارے میں ۱۹۳۴ء میں تحریر کیا تھا۔ اس کے مطابق:

''میں ایک شخص کے بارے میں بڑی باتیں سن رہا تھا جو اس موسم بہار میں یونیورسٹی میں ٹھہرا ہوا تھا۔ یہ ریاضیاتی طبیعیات دان، شاید اس کا کوئی نام جس سے اسے مخاطب کیا جاتا ہے، سر آئزک نیوٹن، آئن سٹائن اور اس قبیل کے لوگوں کو صفحہ اول سے پچھلے صفحوں پر دھکیل دیا ہے۔ اس کا نام ڈیراک ہے اور یہ ایک انگریز ہے۔ میں نے پچھلے سہ پہر سٹرلنگ ہال میں ڈاکٹر ڈیراک کے دروازے پر جا کر دستک دی۔ ایک خوشگوار آواز آئی۔

''اندر آ جائیں۔''

اور یہاں میں یہ بھی بتاتا چلوں کہ یہ ''اندر آ جائیں'' ان طویل ترین جملوں میں سے تھا جو ڈاکٹر نے ہمارے انٹرویو کے دوران کہا۔

ڈاکٹر ایک دراز قد نوجوان ہیں اور ان کی آنکھوں کی چمک سے میں نے اندازہ کر لیا کہ وہ مجھے پسند ہیں۔ وہ بالکل مصروف نہیں لگ رہے تھے۔ میں نے جب بھی کبھی ان کے مرتبے کے کسی امریکی سائنس دان سے انٹرویو لیا ہے تو ہوتا یوں تھا کہ وہ بڑا بریف کیس اٹھائے اندر آئے اور گفتگو کے درمیان سارے وقت اپنے بیگ سے لیکچر، نوٹس، کتابیں، ری پرنٹس مسودات اور جانے کیا کچھ نکالتے رہتے۔

ڈیراک بالکل ہی مختلف ہیں۔ یوں لگتا ہے جیسے ان کے پاس فراغت ہی فراغت ہے۔ اور کھڑکی سے جھانکنا ہی ان کا بھاری ترین کام لگتا تھا۔

''پروفیسر'' میں نے کہا ''میں نے نوٹ کیا ہے کہ آپ کے آخری نام کے شروع میں بہت سارے حروف ہیں۔ کیا ان کا کوئی خاص مقصد ہے؟'' ''نہیں'' انہوں نے کہا۔

''اچھا'' میں بولا ''کیا آپ مجھے اپنی تحقیقات کے بارے میں بتائیں گے؟''

''نہیں'' وہ بولے۔

میں نے بات کو آگے بڑھاتے ہوئے کہا ''کیا آپ فلمیں دیکھنے سینما جاتے ہیں؟''

''ہاں'' وہ بولے۔ ''کب؟'' ''۱۹۲۰ء میں''

ڈیراک نے خود طبیعیات میں اپنی زندگی کے بارے میں تفصیلات ٹریسٹ میں

طبیعیات کے بارے میں ہونے والے ایک لیکچر کے دوران بیان کیں۔ میں گزشتہ رات اسے پڑھ رہا تھا۔ وہاں مجھے چند ایسے حصے ملے جو اساسی قوتوں کی یکجائیت کے موضوع سے خصوصی تعلق رکھتے ہیں۔ اس لیکچر میں ڈیراک نے بتایا ہے کہ وہ کیسے اپنے خیالات حاصل کرتے ہیں۔ انہوں نے خاص طور پر نظری طبیعیات میں تحقیق کے دو طریق ہائے کار کے درمیان فرق کو واضح کیا ہے۔

ڈیراک کے مطابق ترقی کے لیے پہلی کوشش ایسا ریاضیاتی طریقہ ڈھونڈنے کی ہونی چاہئے جو ان غیر موزونیتوں کو ختم کر سکے جو الیکٹروڈائنامکس جیسے طبعی نظریہ میں موجود ہو سکتی ہیں۔ میں بعد میں اس ضمن میں خود ڈیراک کے اپنے کام اور ان کے خیالات کی موجودہ زمانے میں افادیت کے بارے میں بات کروں گا۔ دوم ایسے نظریات کو جوڑنے اور یکجا کرنے کی کوشش کرنی چاہئے جو پہلے جدا جدا تھے۔ ڈیراک کا کہنا ہے کہ موخرالذکر طریق کار بہت زیادہ کارآمد ثابت نہیں ہوا۔ میرے خیال میں یہ کہتے ہوئے ان کے سامنے ان کی نسل کی وہ بددلی اور مایوسی تھی جو اس طریق کار کی ناکامی کی بدولت ان کا نصیب بنی تھی۔ اس طریق کار کے ذریعے بہت سوں نے کوشش کی تھی۔ خصوصاً آئن سٹائن نے اساسی نظریات کو یکجا کرنے کے لیے بہت کام کیا لیکن انہیں کوئی خاص کامیابی حاصل نہیں ہوئی۔

اس کے برخلاف کہ ہماری نسل زیادہ تر اسی دوسرے طریق کار سے متعلق رہی ہے اور میری ساری کی ساری گفتگو بھی تقریباً اس کے بارے میں ہوگی۔ (۲)

''ماضی میں طبیعیات کے یکجائی تصورات''

میں اپنے لیکچر کا آغاز ان یکجائی تصورات کو روشناس کراتے ہوئے کروں گا جنہیں طبیعیات کی ابتداء ہی سے استعمال کیا گیا ہے۔ شکل-1 میں طبعی نظریات کی یکجائیت کی تاریخ درج ہے۔ اس لیکچر کے اختتام تک میں، ہر چیز کے نظریہ (Theory of Everything) تک پہنچوں گا جو شکل کے سب سے نیچے رقم ہے۔ اور آج کل اس علاقے ہی میں سارا کھیل کھیلا جا رہا ہے۔ میری گفتگو کا بڑا حصہ پھر بھی ذراتی طبیعیات کے آج کل کے ''سٹینڈرڈ ماڈل'' (Standard Modal) کے بیان پر مشتمل ہوگا۔ یہ ماڈل ہماری نسل کی ان کوششوں کے نتیجے میں سامنے آیا ہے جو اس نے اساسی اکائیوں کا تعین کرنے اور ان

اساسی اکائیوں کے مابین فطری قوتوں میں سے چند کو یکجا کرنے میں کی ہیں۔

اصول گیلیلیو (Galilean Principle)

اس ضمن میں سب سے پہلا نام جو میں لینا چاہوں گا وہ البیرونی کا ہے جو ہزار سال پہلے افغانستان میں فعال تھا۔ آج یہ تصور کرنا مشکل ہے کہ افغانستان جیسے ملک میں بھی اعلیٰ معیار کی طبعیات وجود میں آسکے۔ لیکن میرے علم کے مطابق البیرونی وہ پہلا طبیعیات دان تھا جس نے واضح طور پر کہا تھا کہ سورج یا چاند اور زمین پر ہونے والے طبعی مظاہر سب ایک ہی قانون کے پابند ہیں(۳)۔ یہ بظاہر بڑا سادہ خیال ہماری تمام معلوم سائنس کی بنیاد ہے۔ چھ سو سال کے بعد گیلیلیو نے اس خیال کو پھر آزادانہ طور پر دریافت کیا۔ گیلیلیو نے اپنی دوربین سے چاند پر پہاڑوں سے پڑنے والے سایوں کا مشاہدہ کیا۔ سایوں کی سمت کو سورج کی روشنی کی سمت سے ملا کر اس نے یہ نتیجہ اخذ کیا کہ چاند پر سائے انہی اصولوں کے تحت بنتے ہیں جو زمین پر بھی لاگو ہوتے ہیں۔ یہ اس بنیادی اصول کا جسے اب گیلیلی کا تشاکل (Galilean Symmetry) کے نام سے جانا جاتا ہے، پہلا مظاہرہ تھا جس نے طبعی قوانین کی ہمہ گیریت کا دعویٰ کیا۔

شکل نمبر ا - اگلے صفحے پر

''آئزک نیوٹن اور ارضی و فلکی تجاذب کی یکجائیت''

اس ضمن میں دوسرا شخص جس کا ذکر لازمی ہے وہ آئزک نیوٹن ہے جس نے ۱۶۸۰ء کے لگ بھگ یہ دعویٰ کیا تھا کہ ارضی تجاذب (جو سیبوں کو گراتی ہے اور نیوٹن کے تصور میں ایک کائناتی قوت تھی) اور فلکی تجاذب (یہ قوت سیاروں کو سورج کے گرد متحرک رکھتی ہے) دراصل ایک ہی ہیں۔ ایسی قوت طویل فاصلی ہے۔ اس کے اثرات کسی بھی فاصلے پر محسوس کیے جا سکتے ہیں۔ گو اس میں کمی دو ثقلی اجسام کے درمیانی فاصلے کے مربع کے حساب سے ہوتی ہے۔

نیوٹن نے ایک نیا فطری کائناتی اساسی مستقل G متعارف کروایا جو تجاذبی قوت کی شدت کو متصف کرتا ہے۔ مستقل G مقدار میں بہت ہی چھوٹا ہے(۴)۔

طبعی نظریات کو یکجا ئے جانے کی دکھانے والی شکل

تجاذب دوسری فطری قوتوں کے برخلاف ہمیشہ ہی کششی ہوتی ہے۔ جبکہ دوسری قوتیں،ہم دیکھیں گے کششی بھی ہوتی ہیں اور تداخلی(Repulsive) بھی۔

''فیراڈے اور ایمپیئر بجلی اور مقناطیسیت کی یکجائیت''

(۱۸۲۰ء کی دہائی سے ۱۸۳۰ء کی دہائی تک)

اساسی قوتوں کی اگلی یکجائیت کے اعلان کے لیے مزید ڈیڑھ سو سال لگے۔ میں برقی مقناطیسیت کے ضمن میں فیراڈے اور ایمپیئر کا ذکر کرنا چاہوں گا۔ برقی مقناطیسیت ''زندگی کی قوت'' ہے (چونکہ تمام کیمیائی بندشیں، عصبی ہیجان (Nerve Impulse) کی طرح ماخذ کے لحاظ سے برقی مقناطیسی ہیں۔

۱۸۲۰ء سے پہلے بجلی اور مقناطیسیت کو دو جدا جدا قوتیں خیال کیا جاتا تھا۔ سب سے پہلے فیراڈے اور ایمپیئر نے حالیہ دور کی عظیم ترین یکجائیت کو حاصل کرتے ہوئے یہ ثابت کیا کہ بجلی اور مقناطیسیت دراصل ایک ہی قوت برقی مقناطیسی کے دو روپ ہیں۔ اگر الیکٹرون جیسے برقی چارج کے حامل ایک جسم کو تصور میں لایا جائے تو پھر (ایک دوسرے الیکٹرون کو اس کے قریب لا کر) ایک برقی تداخلی قوت محسوس کی جا سکتی ہے۔ لیکن جیسے ہی پہلے الیکٹرون کو ہٹایا جائے گا فوراً ہی ایک مقناطیسی قوت نمودار ہوگی۔ اس قوت کو متحرک الیکٹرون کے قریب ایک قطب نما(Compass) رکھ کر معلوم کیا جا سکتا ہے۔

اس طرح برق اور مقناطیسیت کے درمیان تفریق کرنے والا جز دراصل ماحولیاتی ہے یعنی کہ برقی چارج حرکت میں ہے یا نہیں۔ برق اور مقناطیسیت کی یکجائیت کا اصل یہی ہے (پیش بینی کرتے ہوئے بتاتا چلوں کہ آگے چل کر ہمیں ایک اور یکجائیت کے ضمن میں اسی قسم کی ماحولیاتی چیز سے پھر واسطہ پڑے گا۔ یہ جز ابتدائی کائنات کا درجہ حرارت ہے جو برقی مقناطیسیت اور کمزور نیوکلیائی قوت کی یکجائیت کے ضمن میں اہم ہوتا ہے۔)

برق اور مقناطیسیت کی ان دو بے جوڑ قوتوں کی یکجائیت بیسویں صدی کی برقی کرنٹ ٹیکنالوجی کی بنیاد بنی جس کا انحصار اس برقی کرنٹ پر تھا، جو ایک مقناطیس کے دو قطبین کے درمیان تار کے لچھے کو گھما کر پیدا کیا جاتا ہے۔ یہی الیکٹرک موٹروں اور الیکٹرک ڈائنموؤں کی بنیاد ہے جنہوں نے برقی بجلی گھروں کو جنم دیا ہے۔ یہ سب کچھ فطرت

کی دو مختلف قوتوں کی قابل ذکر وحدت کا نتیجہ ہے۔ مجھے یقین ہے کہ معمول کی جمع تفریق سے اس ترقی کے لیے مقداری بنیادیں کبھی بھی فراہم نہیں ہو سکتی تھیں۔

''میکسول (Maxwell) اور برقی مقناطیسیت کا بصریات کے ساتھ اتحاد''

کلاسیکی برقی مقناطیسیت پچاس سال بعد میکسول کی تحقیقات کی شکل میں اپنی انتہا کو پہنچا۔ میکسول نے ثابت کیا کہ اگر ایک برقی چارج کو اسراعا جائے (اس کی رفتار تبدیل کی جائے) تو وہ برقی مقناطیسی اشعاع (ریڈیائی لہریں، حرارتی لہریں، روشنی کی لہریں، ایکس ریز اور گاما ریز جو سب ایک دوسرے سے صرف اپنی طویل لہر کی وجہ سے مختلف ہیں) کی شکل میں توانائی خارج کرے گا۔ یہ معجزاتی یکجائیت بیسویں صدی کی ٹیکنالوجی کی بنیاد ہے جس کی بدولت اب ریڈیو، ٹیلی ویژن اور ایکس ریز ہماری زندگیوں پر اتنا گہرا اثر ڈالتے ہیں۔

میکسول نے بصریات کو برقی مقناطیسیت سے متحد کر دیا تھا۔ اس اتحاد کے بارے میں نظری طور پر سب سے قابل ذکر بات یہ ہے کہ اسے اس کام میں صرف ایک عدد کی راہنمائی حاصل تھی۔ بڑے سادہ سے سازو سامان کی مدد سے اس نے تصدیق کی کہ روشنی کی رفتار کو دو معلوم مستقلوں (جو خلاء کے برقی اور مقناطیسی اوصاف بیان کرتے ہیں) کی مدد سے بیان کیا جا سکتا ہے جیسا کی اس کے نظریے میں پیش گوئی کی گئی تھی۔ یہ اس کے خیالات کی بالواسطہ تصدیق تھی۔ یہ بدقسمتی تھی کہ وہ اڑتالیس سال کی چھوٹی عمر میں ہی انتقال کر گئے اور اپنے نظریے کی عملی تصدیق کا مظاہرہ نہ دیکھ سکے۔ میکسول کی وفات کے دس سال بعد جرمنی میں ہرٹز (Hertz) نے عملی طور پر مظاہرہ کیا کہ اسراعے ہوئے برقی چارج ریڈیائی لہریں خارج کرتے ہیں۔

1888ء میں ہنری ہرٹز (اوپر) نے مسرع کیے ہوئے برقی چارجوں سے برقی مقناطیست
پیدا کی، جس سے میکسویل کے برقناطیسی اور بصری نظریے کی یکجائی کی تصدیق ہوئی

''آئن سٹائن زمان و مکان کی یکجائیت اور تجاذت کی تقسیم''

آخر میں ہم آئن سٹائن کی طرف آتے ہیں جس نے یکجائیت سے متعلق بڑے دور رس خیالات پیش کیے۔ اس کا نظریہ خصوصی اضافیت (۱۹۵۰ء)، زمان اور مکان کو برابر کا درجہ دیتا ہے۔ اس کے کام کا ایک نتیجہ وقت کا پھیلاؤ (Time Dilation) کا فارمولا تھا۔ جس کے مطابق جو جسم جتنی تیزی سے حرکت کرے گا ساکن مشاہد کے مقابلے میں اتنی ہی اس کی عمر بڑھ جائے گی۔ یہ مخصوص مظہر کسی بھی دن جینوا میں سرن(CERN) کی تجربہ گاہ میں مشاہدہ کیا جا سکتا ہے۔ جہاں ایک ذرہ جیسا کہ میواون (Muon) جس کی ایک قطعی نصف زندگی ہے (اس مشاہدے کی پیائش کے مطابق جو ذرے کے ساتھ سفر کر رہا ہو)، ہم جیسے مشاہدوں کو جو تجربہ گاہ میں ہوں اپنی بتدریج بڑھتی ہوئی رفتار کے حساب سے بتدریج زیادہ سے زیادہ طویل العمر لگتا ہے۔ اس طرح درازی عمر کا راز دائمی حرکت!!

آئن سٹائن کے نظریہ خصوصی اضافیت کا ایک اور نتیجہ معروف کمیت اور توانائی کا رشتہ ہے جو $E=mc^2$ کی مشہور مساوات سے بیان ہوتا ہے۔ یہاں c روشنی رفتا، m متحرک ذرے کی کمیت اور E اس کی توانائی ہے(۵)۔

''آئن سٹائن اور نظریہ تجاذب''

آئن سٹائن اپنے عمومی نظریہ اضافیت (۱۹۱۵ء) میں اور بھی آگے بڑھ گیا۔ اس نے طبیعیات کو ان معنوں میں ہندسیایا (Geometrize) کہ اس کے نظریے میں زمان و مکان کا انحنا (Curvature) تجاذب کا تعین کرتا ہے۔ انحنا ایک ہندسی تصور ہے جبکہ تجاذب فطرت کی ایک سیاسی قوت ہے۔ آئن سٹائن نے تخلیقی قوت کے ایک اختراعی اظہار میں ان دونوں کو مساوی قرار دیا۔ اس طرح اس نے طبیعیات کو ہندسیانے کا کارنامہ انجام دیا۔

یہ تصور آئن سٹائن کے زمانے کے لوگوں کی اکثریت کے لیے نیا تھا۔ لیکن وہ اپنی اس روش میں پہلا نہ تھا(۶)۔ سو سال پہلے گاؤس(Gauss) نے بھی مکان کے انحنا کا خیال پیش کیا تھا۔ اس نے اپنے اس خیال کی تجربی تصدیق بھی کرنا چاہی۔ اس نے تین پہاڑ کی چوٹیوں پر جو ایک دوسرے سے کچھ میل کے فاصلے پر تھیں، مشاہداتی سٹیشن قائم کئے۔ اس

نے ان زاویوں کی پیمائش کی جو روشنی کی شعاع ایک سٹیشن سے دوسرے کو منعکس ہوتی ہوئی بناتی تھیں۔ اس طرح اس نے روشنی کی شعاعوں کی راہوں سے ایک مثلث قائم کی۔ اگر مثلث کے تینوں زاویوں کا مجموعہ 180 درجے سے کم یا زیادہ ہوتا تو وہ یہ ثابت کر دیتا کہ مکان منحنی ہے۔ لیکن اس کا نتیجہ صفر نکلا۔ اس کے پیمائش شدہ زاویوں کا مجموعہ پورے 180 درجے کے برابر نکلا۔ اب ہمیں اس کے صفر نتیجے کی سمجھ آتی ہے چونکہ وہ جن فاصلوں کے ساتھ کام کر رہا تھا وہ صرف چند میل کے تھے جبکہ مکان کے انحنا کا اندازہ صرف کوکبی (Stellar) فاصلوں پر ہی ہوتا ہے۔

''فریڈمین (Freidmann) اور ہبل (Hubble)''

پینز یاس اور ولسن (Penzias and Wilsons) اور عظیم دھماکہ

آئن سٹائن کے نظریہ تجاذب نے زمان و مکان کے انحنا کے تصور کا پھر سے احیاء کیا۔ اس سے اگلا قدم روسی فلکی طبیعیات دان فریڈمین نے اٹھایا۔ اس نے کائنات کی کلی ساخت کو پیش نظر رکھتے ہوئے آئن سٹائن کی مساواتوں کو حل کیا اور یہ دریافت کیا کہ ان کا ایک حل پھیلتی ہوئی کائنات کی شکل میں نمودار ہوتا ہے۔ اس دریافت کی تجربی تصدیق ہبل نے کی۔ اس نے دریافت کیا کہ ان تصورات کے عین مطابق دور واقع کہکشائیں ہم سے دور بھاگ رہی ہیں۔

۱۹۶۵ء میں پینز یاس اور ولسن نے حادثاتی طور پر منفی 3 درجے کیلون (270- c) کے درجہ حرارت کی اشعاع کا پس منظر معلوم کیا جو ظاہراً تمام مکان کو بھرے ہوئے ہے۔ اس دریافت کی تعبیر ان اشعاع سے کی گئی جو کائنات کی ابتداء کے تقریباً دو لاکھ سال (سیکنڈ 10^{13} =)(۷) کے بعد پید ہوئیں۔ ان اشعاع کی پیدائش اور ان کی دریافت کے درمیانی وقفے (وقت کی ابتداء کے دس ارب سال بعد) میں کائنات کے پھیلاؤ کی وجہ سے ان کا درجہ حرارت کم ہوگیا (۸)۔ دو لاکھ سالوں سے پیچھے جاتے ہوئے ہم قیاس آرائی کرتے ہوئے ایک ایسے لمحہ پر آن پہنچیں گے جب کائنات کی ابتدا ہوئی۔ یہ لمحہ نام نہاد گرم دھماکہ (Hot Bang) کا ہے۔

''تجاذب اور برقی مقناطیسیت کا اتحاد''

عمومی اضافیت کے نظریہ کی کامیابیوں اور تجاذب کو زمان و مکان کے انحنا سے بیان کرنے کے بعد آئن سٹائن نے یہ سوچنا شروع کیا کہ آیا تجاذب اور برقی مقناطیسیت میں بھی کوئی رشتہ ہے۔ خاص طور سے کیا برقی مقناطیسیت کو بھی زمان و مکان کی ایک ہندسی خصوصیت کے طور پر دیکھا جاسکتا۔ اس طرح دونوں قوتوں کو یکجا کیا جا سکے گا۔ دونوں قوتیں ایک ہی قسم کے معکوس مربع قانون کی پابندی کرتی ہیں۔ یہ اور بات ہے کہ قابل موازنہ فاصلوں پر دونوں کی طاقت میں بہت زیادہ فرق ہوتا ہے۔

فیراڈے کی برق اور تجاذب کو یکجا کرنے کی کوشش

کافی سال قبل فیراڈے نے برق اور نیوٹونی تجاذب کے درمیان رشتہ ڈھونڈنے کے لیے تجربات کیے تھے۔ ایسے آزادانہ گرتے ہوئے وزنوں کو جو اس کے مطابق خاصے بڑے تھے، استعمال کرتے ہوئے اس نے قریب رکھے ہوئے گیلوانومیٹر کی مدد سے برقی کرنٹ کو دریافت کرنا چاہا۔

فیراڈے کو کوئی ''اثر'' نہیں ملا۔ اس نے اپنی ڈائری میں نوٹ کیا:

''فی الحال تو میں اپنے تجربات ختم کر رہا ہوں۔ نتائج منفی نکلے ہیں۔ انہوں نے میرے اس یقین محکم کو متزلزل نہیں کیا کہ تجاذب اور برق میں رشتہ ہے حالانکہ اس رشتے کا کوئی ثبوت انہوں نے فراہم نہیں کیا۔''

فیراڈے ایک بہت ہی محتاط تجربہ دان تھا۔ اور اس نے اپنے نظری تعصب سے بالاتر ہوتے ہوئے اپنے تجربات کے نتائج ریکارڈ کیے۔ آج بھی لوگوں کو یقین ہے کہ جس اثر کی دریافت فیراڈے نے کرنے کی کوشش کی، اسے وجود رکھنا چاہیے لیکن یہ ''اثر'' فیصلہ کن انداز میں کونیاتی تجربات ہی میں ظاہر ہو سکے گا جہاں ''گرائے'' جانے والے اوزان ''کونی'' حجم کے ہونے چاہئیں۔

عمومی اضافیت اور برقی مقناطیسیت کا ایسا اتحاد آئن سٹائن کے لیے ایک خواب تھا جس کی تکمیل کے لیے اس نے اپنی زندگی کے آخری عشرے صرف کیے۔ اس نے اس مسئلہ پر ۳۵ سال لگائے اور آخر میں جیسا کہ ہم سب جانتے ہیں اسے کامیابی نہیں ہوئی۔ اساسی قوتوں کی یکجائیت کے بارے میں ۱۹۶۸ء میں ڈیراک کی منفی رائے کی شاید یہی توجیہہ ہے۔

''کلاوُزا (Klauza)۔ کلائن (Klein) اور زمان و مکان کی فاضل ابعاد''

اس ضمن میں ایک کوشش کا ذکر ضروری ہے۔ یہ کلاوُزا کی کوشش تھی جسے بعد میں کلائن نے مزید بہتر بنایا۔ میرے خیال میں کلاوزا نے ۱۹۱۹ء میں آئن سٹائن کو اپنا ایک

مقالہ بھیجا جس میں اس نے جرات مندانہ قدم اٹھاتے ہوئے پنج بعدی (Five Dimensions) زمان و مکان کی تجویز پیش کی جس میں برقی مقناطیسیت کو تجاذب کے ساتھ (ہندسی طور پر) یکجا کیا جا سکتا ہے۔ اس نے تصدیق کی کہ پانچویں (فاضل) بعد کے انحنا سے برقی مقناطیسیت جنم لیتی ہے۔ اس طرح سے جیسا کہ سہ بعدی مکان کا انحنا تجاذب کو جنم دیتا ہے۔

پانچ ابعاد کیا ہیں؟ ایک پنسل کو خاصے بڑے فاصلے سے دیکھنے کو تصور میں لائیں۔ دور سے وہ ایک باریک لائن......ایک بعدی سی نظر آتی ہے اور دیکھنے والا یہ خیال نہیں کرتا کہ درحقیقت یہ چھوٹا سا سلنڈر ہے جس کی سطح دو بعدی ہے۔ اسی طرح اگر فاضل پانچویں بعد بہت چھوٹی ہو تو پنج بعدی چہار بعدی لگ سکتی ہے۔ (درحقیقت کلائن نے یہ فرض کیا تھا کہ فاضل بعد سکڑ کر 10^{-33} سنٹی میٹر رہ جائے گی(۹) (یہ پلانک طول ہے) تاکہ پانچویں بعد کا انحنا برقی چارج کی اکائی کی ''درست'' مقدار (۱۰) (پروٹون کا اکائی چارج) کے مطابق ہو۔

کلاؤزا نے اپنا مقالہ آئن سٹائن کو بھجوایا تاکہ وہ اسے اشاعت کے لیے داخل دفتر کر دے۔ آئن سٹائن (گو اس کو شروع میں فاضل ان دیکھی بُعد کا خیال پسند آیا) کے اپنے شکوک تھے، جن کے نتیجے میں مقالے کی اشاعت میں دو سال کی تاخیر ہو گئی۔ کلاؤزا اس وجہ سے اس قدر بددل ہوا کہ اس نے اساسی طبیعیات کو چھوڑ چھاڑ کر ظاہراً پیرا کی کے نظریہ پر کام شروع کر دیا۔

مجھے تو اس واقعے سے یہ سبق ملتا ہے کہ اگر تمہارے پاس کوئی اچھا خیال ہے تو اسے کسی بڑے آدمی کے پاس بھیجنے کی بجائے خود ہی شائع کرا دو۔

میں آگے آنے والی بات کو پہلے ہی گوش گزار کرتا چلوں۔ حال ہی میں کاؤزا۔ کلائن قسم کے خیالات پھر سے مقبول ہوئے ہیں۔ مثال کے طور پر سپر سٹرنگ نظریہ (Superstring Theory) میں ہم دس ابعاد سے ابتداء کرتے ہیں۔ ان دس ابعاد میں سے چار تو ہماری جانی پہچانی زمان و مکان کے ابعاد ہیں جب کہ باقی چھ برقی مقناطیسی اور نیوکلیائی قوتوں کو جگہ دینے کے لیے پلانک کے حجم یعنی 10^{23} سینٹی میٹر تک سکڑ گئی ہیں۔ اس طریقے سے یہ قوتیں تجاذب کے ساتھ مل کر ایک اساسی قوت میں ضم ہو جائیں گی۔

''عنصریت (Elementary) کا تصور اور نیوکلیائی قوتیں''

اب تک میں نے صرف تجاذب اور برقی مقناطیسیت کے بارے میں باتیں کی ہیں۔ بیسویں صدی کے آغاز تک یہی دو قوتیں دریافت ہوئی تھیں۔

اب میں دو اور قوتوں کے بارے میں بات کروں گا۔ یہ نیوکلیائی قوتیں جو اس صدی میں دریافت کی گئیں اور جنھیں آئن سٹائن (اور غور کریں تو ڈیراک نے بھی) مسلسل نظرانداز کیا۔

نیوکلیائی قوتیں دو قسم کی ہیں۔ نام نہاد ''کمزور'' اور ''قوی''۔ اس سے پہلے کہ میں ان کے بارے میں تفصیل سے بیان شروع کروں ضروری ہے کہ کچھ باتیں ان عنصری اکائیوں کے بارے میں ہو جائیں جو ان قوتوں کے واسطے سے باہم تعامل کرتی ہیں۔

مادے کی عنصریت کا تصور ایسی چیز ہے جس کا ارتقاء وقت کے ساتھ ساتھ ہوا ہے۔ یونانیوں کے چار ''عنصری'' اکائیوں میں سے تین (مٹی، پانی، اور ہوا) کو تو مادہ کی ''عنصری'' اکائیاں کہا جا سکتا ہے جب کہ چوتھی (آگ) ایک ''قوت'' کا نمائندہ تھیں۔ اگر ہم ۱۸۸۸ء میں کام کر رہے ہوتے تو ایٹوں کو اساسی عنصری ذرات تصور کرتے اور کیمیا کو عنصری ذرات کی سائنس سمجھتے۔

''پروٹون اور نیوٹرون کی دکی (Doublet)، کوارک اور قوی نیوکلیائی قوت''

رتھر فورڈ (Rutherford) کے تجربات (جو ۱۹۱۰ء کے لگ بھگ پیش کیے گئے) نے ثابت کیا کہ ایٹم عنصری نہیں ہیں بلکہ وہ بہت چھوٹے، کثیف، مرکزی نیوکلیوں (قطر تقریباً 10^{-12} سینٹی میٹر) اور ان کے گرد گھومتے الیکٹرونوں پر مشتمل ہوتے ہیں۔ رتھر فورڈ نے اپنے تجربے میں اونچی توانائی کے حامل ایسے ہیلیم ایٹوں کو جن کے الیکٹرونوں کو جدا کر دیا گیا ہو اور جس کی وجہ سے وہ مثبت برقی چارج کے حامل ہو گئے تھے، عام مادے سے منتشر کروایا۔ اس کی حیرت کی انتہا نہ رہی جب اس نے دیکھا کہ ان میں سے کچھ سیدھے واپس ان کی طرف لوٹ آئے۔ یہ اتنا حیران کن تھا کہ انہوں نے کہا کہ یہ ایسا ہے

جیسے کوئی کاغذ پر بندوق کی گولیاں فائر کرے اور ان میں سے کچھ پلٹ کر واپس آجائیں۔ اس کی توجیہہ صرف اسی مفروضہ سے ہوسکتی ہے کہ ایٹم کے اندر ایک مرکزی کثیف نیوکلیس ہوتا ہے جس میں اس کی تقریباً تمام ایٹمی کمیت مرتکز ہوتی ہے۔ حساب کرنے سے پتہ چلا کہ نیوکلیس ایٹم سے تقریباً 1/10000 گنا چھوٹا ہوتا ہے۔

اس سے بھی بعد ۱۹۳۲ء میں چیڈوک (Chadwick) اور جولیٹ کیوری (Joliot-Curie) کی تحقیقات نے ثابت کیا کہ خود نیوکلیس بھی مزید چھوٹے ذرات پر مشتمل ہوتا ہے۔ پروٹون (p) اور نیوٹرون (n) دونوں کا نصف قطر تقریباً 10^{-13} سم ہوتا ہے۔ ان کو فطری طور پر تقریباً ایک جیسی کمیت والی چیزوں کی دکی کے طور پر سمجھا جا سکتا ہے۔ پروٹون، نیوٹرون سے صرف اپنے برقی چارج کی وجہ سے مختلف ہے۔

$$\left(\begin{matrix} p^+ \\ n \end{matrix}\right)$$

گو پروٹون پر برقی چارج ہوتا ہے (جبکہ نیوٹرون پر نہیں) ان کے درمیان ”قوی“ تعاملوں میں بعض تشاکل ہوتے ہیں۔ مثلاً جب برقی مقناطیسی قوت کو نظر انداز کیا جائے تو pn قوت=pp قوت=np قوت=nn قوت (یہ ایک اچھا ابتدائی مفروضہ ہے چونکہ تقریباً 10^{-33} سم کے فاصلے پر pn قوت دو پروٹونوں کے درمیان برقی مقناطیسی قوت سے ہزار گنا زیادہ طاقتور ہے۔

ان قوی نیوکلیائی قوتوں کے بارے میں ایک نہایت اہم حقیقت ان کی بہت چھوٹی زد (Short-range) ہے۔ اگر پروٹون ایک دوسرے سے 10^{-13} سے زیادہ کے فاصلے پر ہوں تو ان کے درمیان قوی نیوکلیائی قوت لازمی طور پر صفر ہوگی۔ اس سے بڑے فاصلوں پر جو قوتیں فاعل رہ جاتی ہیں وہ برقی مقناطیسی قوت (پروٹونوں کے درمیان) اور کائناتی تجاذب قوت ہیں۔

”کوارک۔ پروٹونوں اور نیوٹرونوں کی تشکیل کرنے والی اساسی اکائیاں“

بعد کی تحقیقات (۱۹۵۶ء کے لگ بھگ ہوفسٹاڈٹر (Hofstadter) نے شہادت پیش کی کہ خود پروٹون اور نیوٹرون بھی اساسی نکتہ ذرات نہیں ہیں بلکہ قطعی حجم کے حامل ہیں اور اس لیے مرکبات ہیں۔ آج ہم سلیک (SLAC) سٹینفورڈ لینیر ایکسی لیٹر سنٹر (Stanford Linear Accelerator Centre) میں کی جانے والی تحقیقات کے نتیجے میں یقین کرتے ہیں کہ پروٹون اور نیوٹرون اور بھی زیادہ چھوٹی چیزوں سے، جنہیں کوارک کہا جاتا ہے، تشکیل پاتے ہیں۔ کوارک جو نکاتی اور اساسی خیال کیے جاتے ہیں، ۱۹۶۳ء میں گیل مان (Gell-Mann) اور زوائگ (Zweig) نے متعارف کروائے تھے۔ کوارک چھ قسم کے ہوتے ہیں اور ایک دوسرے سے ایک خاصیت، جسے ''مہک'' (Flavour) کہا جاتا ہے، کی بنا پر مختلف ہیں۔ یہ ''مہک'' عجیب وغریب ناموں سے بیان کی جاتی ہے۔

اوپری مہک (Up- flavour)(u)، نچلی مہک (Down-flavour)(d)، دلکش مہک (Charmed-flavour) (c)، عجیب مہک (Strage-flavour) (s)، چوٹی مہک (Top-flavour) (t) اور نشیبی مہک (Bottom-flavour) (b)۔

چھ کوارک ظاہراً تین دکیوں میں تقسیم ہوتے ہیں۔ (u,d)، (c,s) اور (t,b) جیسے کہ کوارک خاندان کو تین ایک سی نسلوں میں بانٹ دیا جائے۔ تین نسلیں کیوں ہیں؟ کیا اس کا مطلب ہے کہ دوسری اور تیسری نسلیں کسی سادے طریقے سے پہلی نسل (u) سے جڑی ہوئی ہیں۔

ایک پروٹون دو اوپری کوارکوں اور ایک نچلے کوارک کا مرکب ہے:

p=(u,d,u) جبکہ نیوٹرون دو نچلے اور ایک اوپری کوارکوں کا مرکب ہے۔

n=(d,u,d)

''لیپٹون (Leptons) اور کمزور نیوکلیائی قوت''

چھ کوارکوں سے متعلقہ چھ ہلکے ذرات۔ نام نہاد لیپٹون (Lepton) ہوتے ہیں جنہیں بھی تین دکیوں $(\nu_e, e), (\nu_\mu, \mu), (\nu_t, t)$ میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ یہاں ν_e، ν_μ اور ν_t تین قسم کے نیوٹرینو (Neutrino) ہیں جبکہ برقی چارج کے حامل ذرات e, μ اور t میں سے ہر ایک پروٹون پر پائے جانے والے چارج کے مخالف لیکن مقدار میں مساوی

چارج ہوتا ہے۔ ν_e کے وجود کو پالی نے مفروضے کے طور پر ۱۹۳۵ء میں پیش کیا تھا۔ اور ۱۹۵۵ء میں رینیس(Reines)اور کووان (Cowan) نے اسے دریافت کیا(۱۲)۔ یہ دکھایان(ان کی بائیں ہاتھوں والے ارکان (۱۳) اپنے باہمی تعاملوں میں نام نہاد ''کمزور نیوکلیائی قوت'' کا مظاہرہ کرتی ہیں۔ یہ قوت جس کی حد 10^{-16} سم سے چھوٹی ہوتی ہے۔ ہم بعد میں پھر ''کمزور'' نیوکلیائی قوت کی طرف رجوع کریں گے۔

''اساسی اکائیوں کے لئے ڈیراک مساوات، فطری سپن(Intrinsic Spin)اور دست پن(Handedness)''

اب ہم ڈیراک کی اس مشہور مساوات پر پہنچتے ہیں جو ۱۹۲۷ء میں الیکٹرونوں کے لیے واضع کی گئی۔ یہ مساوات یکساں سہولت کے ساتھ الیکٹرونوں یا آزاد کوارکوں اور آزاد مرکب ذرات جیسے پروٹونوں جیسے اور نیوٹرونوں کو جب وہ اپنے جیسے ذروں سے تعامل نہ کر رہے ہوں، کو بھی بخوبی بیان کرسکتی ہے۔

اس مساوات کے بارے میں جو اہم نکتہ نوٹ کرنے والا ہے وہ یہ ہے کہ اس موضوع کو وضع کرنے کے لیے صرف آئن سٹائن کا نظریہ خصوصی اضافیت اور کوانٹم میکانیات کا استعمال کیا گیا۔ یہ مساوات الیکٹرونوں کی درست ''فطری سپن'' کے ساتھ ان کا ''دست پن'' بھی کامیابی سے بیان کرتی ہے۔

کوانٹم میکانیات میں ''فطری سپن'' بڑا اہم تصور ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ مادے (توانائی) کا ہر ٹکڑا ایک لٹو کی طرح برتاؤ کرتا ہے اور اس لیے اس کی ایک ''فطری سپن'' ہوتی ہے۔

اس کے بعد ہم ہیلی سٹی(Helicity)یا ''دست پن'' کا تعین کریں گے۔ اسے ذرے کی حرکت کی سمت کے اضافی معین کیا جاتا ہے۔ ایک ذرے کا ''دست پن'' اس کی فطری سپن کا ذرے کی حرکت کی سمت میں یا اس کے مخالف جزو ترکیبی ہے۔

''دست پن'' کی قیمتیں صرف $0, \pm 1/2, \pm 1, \pm 3/2, \pm 2$ (پلانک مستقل h کی اکائیوں میں)ہی ممکن ہیں۔ ان سے متعلق فطری سپن (۱۴)

$0, h/2, 3h/2, 2h$...... ہیں۔

فطری سپن کہاں سے نمودار ہوتی ہے؟ ڈیراک کا جواب تھا کہ یہ آئن سٹائن کی خصوصی اضافیت اور کوانٹم میکانیات کے ملاپ سے نمودار ہوتی ہے۔

ڈیراک کی مساوات صرف انہی ذرات کو بیان کرتی ہے جن کی سپن h/2 ہو (ایسی اشیاء جن کے صرف دو دست پن h/2+ اور h/2- ہوں)۔ ایسے ذرات کو ایسے لٹوؤں سے بیان کیا جا سکتا ہے جو اپنی حرکت کی سمت گھڑی وار (دایاں دست پن) یا مخالف گھڑی وار (بایاں دست پن) گھوم رہے ہوں۔ یہ "گھماؤ" حرکت اپنی درست مقدار اور درست "دست پن" کے ساتھ ایسی چیز ہے جو ڈیراک مساوات سے فطری طور پر نمودار ہوتے ہیں۔ اسے خود ہاتھوں سے داخل نہیں کیا گیا تھا اور یہ مساوات کی عظیم کامیابیوں میں سے ایک ہے۔

ڈیراک مساوات کے بارے میں دوسرا نکتہ یہ ہے کہ وہ یہ پیشن گوئی کرتی ہے کہ ہر ذرہ کا ایک رد ذرہ ہوگا جس کی سپن اور کیت ذرے جیسے ہی ہوگی لیکن جس کا برقی چارج (اگر کوئی ہے) (۱۵) مخالف ہوگا۔ مزید برآں ایک ذرہ اپنے رد ذرے کے ساتھ مل کر فنا ہوتا ہے۔ اور حاصل شدہ توانائی فوٹونوں (γ شعاعیں) کی شکل میں نمودار ہوتی ہے۔

جیسا کہ میں نے پہلے کہا تھا۔ ڈیراک کوانٹم میکانیات اور اضافیت کو ملانے کی کوشش میں اپنی مساوات تک پہنچے تھے۔ انہیں پتہ چلا کہ ان کی مساوات نہ صرف مثبت توانائی کے ذرات بلکہ منفی توانائی کے ذرات کو بھی بیان کرتی ہے۔

منفی توانائی کے ذرات کو اس وقت تک کسی نے نہیں دیکھا تھا۔ وہ محاوراتی ٹٹوؤں کی طرح تھے کیونکہ اگر انہیں آگے کی طرف کھینچو تو وہ پیچھے کی طرف جاتے ہیں۔ اور کوانٹم نظریہ میں ان منفی توانائی چیزوں کو کسی حکم آمر سے تو غائب نہیں کیا جا سکتا۔ ان کی تعبیر ڈھونڈنی لازمی تھی۔

اس دشواری پر ڈیراک نے کس طرح قابو پایا۔ اس کے بارے میں ایک کہانی ہے۔ کہانی تو شاید مشکوک ہے لیکن میں پھر بھی اسے بیان کرتا ہی چلوں۔ طالب علمی کے زمانے میں ڈیراک سینٹ جان کالج میں کرسمس کے موقع پر ارشمیدی مسئلہ (Archimedean's Problem) مقابلے میں حصہ لے رہے تھے۔ مقابلے میں حصہ لینے

والوں میں سے ہر ایک کو ایسے سوالات دیے گئے جن کے جوابات انہیں چند سیکنڈوں میں دینے تھے۔ ڈیراک کو ذیل کا مسئلہ حل کرنے کو دیا گیا۔

تین ماہی گیر ایک طوفانی رات کے بیچوں بیچ شکار پر نکلتے ہیں۔ وہ کچھ مچھلیاں پکڑتے ہیں اور ان کی کشتی ایک ریتلے جزیرہ پر جا لگتی ہے جہاں وہ تھک ہار کر سو جاتے ہیں۔ سویرے سویرے ان میں سے ایک اٹھتا ہے۔ خود سے کہتا ہے کہ دوسروں کو کیا جگاؤں میں ایک تہائی مچھلیاں لیتا ہوں اور چلا جاتا ہوں۔ وہ مچھلیوں کو تین برابر حصوں میں تقسیم کرتا ہے اور اپنا حصہ لے کر چلا جاتا ہے۔ جب دوسرا اٹھتا ہے تو اسے معلوم نہیں ہوتا کہ ایک ساتھی جا چکا ہے اس لئے وہ بھی باقی ماندہ مچھلیوں کو تین برابر حصوں میں بانٹ دیتا ہے۔ ایک مچھلی فاضل ملتی ہے جسے وہ سمندر میں پھینک دیتا ہے اور اپنا ایک حصہ لے کر چلا جاتا ہے۔ اب جب تیسرا شکاری اٹھتا ہے تو اسے بھی معلوم نہیں ہوتا ہے کہ اس کے دو ساتھی پہلے ہی جا چکے ہیں۔ وہ بھی باقی ماندہ مچھلیوں کی تین برابر برابر ڈھیریاں بناتا ہے۔ ایک مچھلی پھر فاضل نکلتی ہے جسے وہ سمندر میں پھینک کر اپنا حصہ لے کر چلا جاتا ہے۔

سوال یہ تھا ''مچھلیوں کی کم سے کم تعداد کیا تھی؟'' بجلی کی کوند کی تیزی سے ڈیراک نے جواب دیا ''منفی دو مچھلیاں'' ان کا استدلال کچھ اس طرح تھا۔ منفی دو برابر ہے منفی ایک جمع منفی ایک جمع مثبت ایک۔ مثبت ایک والی مچھلی سمندر میں پھینک دی جاتی ہے اور ہر شکاری منفی ایک مچھلیوں کے ساتھ گھر جاتا ہے۔ اس طرح پھر دو منفی مچھلیاں بچ جاتی ہیں۔ اب اس میں پھر ایک منفی اور ایک مثبت جمع کر دی جاتی ہیں۔ مثبت ایک سمندر میں پھینک دی جاتی ہے اور دوسرا شکاری اپنے حصہ منفی ایک کے ساتھ گھر چلا جاتا ہے۔ اسی طرح پھر منفی دو مچھلیاں بچ جاتی ہیں۔ (ظاہر ہے کہ آپ کو منفی دو میں ایک قطعی مثبت عدد جمع کرنا پڑے گا تا کہ آپ کے پاس مچھلیوں کی ایک معقول (مثبت) تعداد باقی رہے۔ یہ میں آپ کے لیے ایک حل طلب مسئلہ کے طور پر چھوڑتا ہوں)۔

''ڈیراک مساوات اور ذرات کی نئی تعبیر''

ڈیراک نے منفی توانائی حلوں کی کون سی ایسی تعبیر پیش کی جسے معقول قرار دیا جا سکتا ہے؟ ڈیراک کا فیصلہ کن قدم اسے توانائی کی نچلی ترین حالت قرار دینا تھا جس میں منفی

توانائیوں کی تمام حالتیں الیکٹرونوں سے پر ہوں (نام نہاد ''خلاء'' حالت) (۱۶)۔ اب وہ منفی توانائی حالتوں میں غیر پر(Unfilled) ''سوراخ''(Hole)، جسے انہوں نے رد الیکٹرون کا نام دیا، تعبیر کر سکتے تھے۔

اس تعبیر کے متعلق ہر چیز ہم آہنگ ہے۔ بشمول اس کیس کے بھی جس میں کوئی خارجی برقی میدان بھی موجود ہو۔ اب یہ دیکھنا دشوار نہیں ہے کہ رد الیکٹرون (یعنی کہ منفی توانائی کا منفی برقی چارج سوراخ) نئی تعبیر میں مثبت توانائی کا ایک مثبت برقی چارج ''پوزیٹرون'' (Positron) بیان کرے گا۔

اس طرح سے ڈیراک ایک نئے ذرہ، پوزیٹرون (الیکٹرون کا رد ذرہ) کے وجود کی پیشن گوئی کرنے کے قابل ہوئے۔ اور چند ہی سال بعد یہ ذرہ دریافت بھی ہوگیا۔ یہ ایک کارنامہ تھا لیکن اس سے بھی بڑا کارنامہ ۱۹۵۶ء میں چیمبرلین(Chamberlain)اور سیگری(Segre) کا اینٹی پروٹونوں کا اور ۱۹۶۵ء میں زیچی چی (Zichichi)اور ساتھیوں کا (مرکب) رد ڈیوٹرن (Antideutron) تیار کرنا تھا(۱۷)۔

ڈیراک کی مساوات اور اس کی کامیاب تعبیر بیسویں صدی کی طبعیات کی اعلیٰ ترین کامیابیوں میں سے ہے۔ اس کے باعث ڈیراک کو جو بے مثال عزت اور ستائش ملی اس کا ایک نمونہ میں اگلی کہانی میں بیان کروں گا۔ (۱۹۶۱ء کی سولوے (Solvay) کانفرنس میں خود میں اس کا گواہ ہوں) کہانی کا تعلق فائن مین (Feynman) سے ہے جو میری نسل کا عظیم ترین طبعیات دان تھا اور جو میری یادداشت کے مطابق پہلا ڈیراک لیکچر تھا۔

آپ لوگوں میں سے جنہوں نے پرانی سولوے کانفرنسوں میں شرکت کی ہے انھیں یقیناً یاد ہوگا کہ ان موقعوں پر شرکاء لمبی میزوں پر کچھ اس طرح بیٹھے جیسے دعا کے لیے جمع ہوئے ہوں۔

کویکروں (Quakers) کے اجتماع کی طرح ان میٹنگوں کا بھی کوئی لگا بندھا ایجنڈا نہیں ہوا کرتا تھا۔ توقع یہ ہوتی تھی......اور شاذونادر ہی ایسا ہوا کہ یہ توقع پوری نہ ہوئی ہو۔ کہ کوئی نہ کوئی یکدم بحث کا آغاز کرے گا۔ ۱۹۶۱ء کی سولوے کانفرنس میں میں ڈیراک کے ساتھ والی نشست پر بیٹھا تھا اور منتظر تھا کہ سیشن کب شروع ہو۔ اتنی دیر میں فائن مین ہمارے مخالف آکر بیٹھ گئے۔ فائن مین نے اپنا ہاتھ آگے بڑھایا اور بولے ''میں فائن مین

ہوں'' (یوں لگتا تھا کہ جیسے وہ دونوں کم از کم کانفرنس میں پہلی بار ملے ہوں)۔ خاموشی رہی جو فائن مین جیسے شخص کے لیے بڑی قابل ذکر بات تھی۔ تب فائن مین نے بالکل اس طرح جیسے کوئی سکول کا طالب علم استاد کے سامنے بولتا ہے، کہا ''اس مساوات کو ایجاد کرکے تو آپ نے بڑی خوشی محسوس کی ہوگی۔'' اور ڈیراک نے جواب دیا ''لیکن یہ تو بڑے دنوں کی بات ہے۔'' پھر خاموشی چھا گئی۔ اس دفعہ خلاف معمول ڈیراک نے فائن مین سے پوچھا۔ ''آپ خود کس چیز پر کام کر رہے ہیں؟'' اور فائن مین نے جواب دیا۔ ''میزون نظریات۔'' ڈیراک نے کہا ''کیا آپ بھی ویسی ہی مساوات ایجاد کرنے کی کوشش کر رہے ہیں۔'' فائن نے کہا ''لیکن یہ تو بڑا مشکل ہوگا۔'' اور ڈیراک نے فکر مند لہجے میں کہا۔ ''لیکن کوشش تو کرنا چاہئے'' اس نکتہ پر گفتگو کا سلسلہ ٹوٹ گیا چونکہ میٹنگ شروع ہوگئی۔

یوں اساسی ذرات کے نظریہ کے ضمن میں ڈیراک کے عظیم کارناموں میں ایک ان کی مشہور زمانہ مساوات ہے جو اساسی اکائیوں جیسے الیکٹرون، کوارک اور ان کے رد ذرات اور ان کے علاوہ آزاد پروٹونوں اور آزاد نیوٹرونوں (اور ان کے رد ذرات) کی سپن اور ''دست پن'' کو بیان کرسکتی ہے۔

اس سے پہلے کہ میں نیوکلیائی قوتوں (جن کے واسطے سے یہ ذرات باہم تعامل کرتے ہیں) کے متعلق گفتگو کروں۔ مجھے یہ بتانے دیجئے کہ میں نے ۱۹۳۴ء میں طبیعیات کی بنیادی قوتوں کے بارے میں کیسے سیکھا۔

''جھنگ سکول''

مجھے اب بھی پاکستان میں اپنا جھنگ (جھنگ میری جائے پیدائش ہے) یاد ہے۔ ہمارے استاد نے تجاذبی قوت کا ذکر کیا۔ یقیناً تجاذب تو اچھی طرح سے معروف تھی اور نیوٹن کا نام جھنگ جیسی دور دراز جگہ تک پہنچ چکا تھا۔ اس کے بعد ہمارے استاد نے ایک مقناطیس دکھا کر مقناطیسیت کا ذکر کیا۔ پھر وہ بولے ''بجلی'' ہاں یہ ایک قوت ہے جو جھنگ میں نہیں رہتی۔ وہ صرف اس صوبے کے صدر مقام لاہور (جو سو میل مشرق میں واقع ہے) میں رہتی ہے۔'' (اور وہ حقیقت بیان کر رہے تھے۔ بجلی جھنگ میں پانچ سال بعد آئی) اور نیوکلیائی قوت؟ یہ وہ قوت ہے جو صرف یورپ میں رہتی ہے۔ ہمیں اس کی فکر نہیں کرنی

چاہیے چونکہ وہ انڈیا (یا پاکستان) میں نہیں رہتی۔'' لیکن مجھے اب بھی یاد ہے کہ وہ ایک اور قوت......شعری قوت (Capillary Force)(۱۸) کے بارے میں ہمیں بتانا چاہتے تھے۔ میں ہمیشہ حیران ہوا کرتا ہوں کہ وہ شعری قوت کو ''فطرت کی ایک اساسی قوت'' قرار دینے پر کیوں اتنے مصر تھے۔ دراصل وہ ہمیں ابن سینا(۱۹) کے قوانین قوت سمجھا رہے تھے۔ ابن سینا نہ صرف ایک ممتاز طبیعیات دان تھے بلکہ وہ ایک عظیم طبیب بھی تھے۔ ظاہر ہے کہ ایک طبیب کے لئے کوئی قوت اس قوت سے زیادہ اہم نہیں جو خون کو پتلی شریانوں میں اوپر اٹھاتی ہے۔ وہ (اور میرے استاد) اس قوت کو فطرت کی بنیادی قوتوں میں سے ایک سمجھتے تھے۔ آج ہم ایسا نہیں سمجھتے۔

''نیوکلیائی قوتیں (تسلسل)''

ہمارے مقصد کے لیے مرکزی اہمیت کی حامل دو نیوکلیائی قوتیں یعنی ''قوی قوت'' اور ''کمزور قوت'' ہیں (یہ قوتیں تجاذبی اور برقی مقناطیسی قوتوں کے علاوہ ہیں۔) ان قوتوں کی مبادیات بیان کرنے کے لئے میں چار چیزوں پر اپنی توجہ مرکوز رکھوں گا۔ ان میں پروٹون +P، نیوٹرون n0، الیکٹرون -e اور نیوٹرینو v شامل ہیں۔ جب کہ سرنامے (+'0'-) ان اشیاء کے برقی چارج (۲۰) کی نشاندہی کرتے ہیں۔

جیسا کہ میں نے پہلے کہا تھا ''قوی'' نیوکلیائی قوت صرف (p^+, n^0) دکی کے اراکین کے مابین عمل کرتی ہے۔ ''قوی'' نیوکلیائی قوت کی حد 13-10 سم کے لگ بھگ ہے۔ یہی قوت نیوکلیائی فشن (Fission) اور فیوژن (Fusoin) کی ذمہ دار ہے (یہ دو عمل ستاروں کی توانائی کے ماخذ ہیں۔)

''کمزور نیوکلیائی قوت''

اس کے برخلاف ''کمزور'' نیوکلیائی قوت تقریباً کائناتی ہے۔ یہ لیپٹونی دکی کے اراکین کے مابین عمل کرسکتی ہے۔

$$(v^0_e, e^-) \leftrightarrow (v^0_e, e^-)$$

یا $(v^0_e, e^-) \leftrightarrow (p^+, n^0)$ کے درمیان

یا $(p^+, n^0) \leftrightarrow (p^+, n^0)$ کے درمیان

کمزور نیوکلیائی قوت کو سب سے پہلے مادام کیوری نے نام نہاد بیٹا تابکاریت کی ذمہ دار قوت کے طور پر دریافت کیا تھا۔ یہ سورج میں توانائی کی پیداوار میں اہم کردار ادا کرتی ہے۔ کمزور نیوکلیائی قوت کائناتی ہے لیکن اتنی کائناتی نہیں جتنا تجاذبی قوت ہے۔ ۱۹۵۷ء میں یہ اہم انکشاف ہوا کہ کمزور نیوکلیائی قوت صرف کھبے ذرات (Left-handed Particles)(۲۱) کے مابین ہی عمل کرتی ہے۔ دائیں دست پن والے لیکٹرونوں، پروٹونوں یا نیوٹرونوں کے درمیان کوئی ''کمزور'' نیوکلیائی قوت نہیں ہوتی۔ اس طرح دائیں دست پن والے نیوٹرینو شاید وجود ہی نہیں رکھتے۔

بائیں دست پن قوتوں والے قوانین کے لیے طبعی میلان صاف آئینے میں انعکاس کے تشاکل کی خلاف ورزی کرتا ہے۔ (آئینہ میں دایاں بازو بایاں نظر آتا ہے) جب کوئی (بائیں دست پن والے) نیوٹرینو کو آئینے میں دیکھنے کی کوشش کرے تو اسے کچھ نظر نہیں آئے گا۔

''کمزور'' نیوکلیائی قوت کو کمزور اس لیے کہتے ہیں چونکہ (قابل موازنہ فاصلوں پر) اس کی طاقت برقی مقناطیسی طاقت کا صرف 10-15 ہے۔ کمزور نیوکلیائی قوت کی حد بھی صرف 10-16 ہے۔ (جو کہ قوی نیوکلیائی قوت کی حد سے تقریباً ہزار گنا چھوٹی ہے۔)

خلاصہ

میری اب تک کی گفتگو کا خلاصہ یہ ہے کہ ہم نے ħ/2 سپن والے ذرات کا مطالعہ کیا ہے۔ ان کو دو درجوں (Categories) میں تقسیم کیا جا سکتا ہے۔ چھ ہلکے ذرات جن کے بائیں دست پن والے اجزاء 10-16 سم کی حد کے اندر کمزور نیوکلیائی قوت کی نمائش کرتے ہیں۔ اور قوی طور پر تعامل کرنے والے کوارک جو باہم مل کر پروٹونوں اور نیوٹرونوں کی تشکیل کرتے ہیں۔ یہ بھی ایک مختصر حد والی (10-13 سم کے لگ بھگ) قوی نیو

کلیائی قوت کے واسطے سے باہم تعامل کرتے ہیں۔ ان دو (کمزور اور قوی) نیوکلیائی قوتوں کے علاوہ برقی چارجوں کے حامل الیکٹرونوں اور پروٹونوں کے درمیان برقی مقناطیسی قوت ہے اور ان کے ساتھ کائناتی تجاذبی قوت ہے۔ اس طرح یہ سب مل کر فطرت کی چار اساسی قوتیں بناتے ہیں۔

''کمزور نیوکلیائی قوت کا برقناطیسیت کے ساتھ اتحاد''

پیغام رسانوں(Messenger) کے تبادلے سے قوتوں کا جنم لینا

ہماری نسل کو جس فیصلہ کن تصور نے برقناطیسیت اور کمزور نیوکلیائی قوت (نا کہ برقناطیسیت اور تجاذبی قوت کو جیسا کہ فیراڈے اور آئن سٹائن نے چاہا تھا۔) کو متحد کرنے کا مجاز ٹھہرایا وہ یہ تھا کہ ان دونوں قوتوں (برقناطیسیت اور ''کمزور نیوکلیائی قوت'' کے پیغامبر سپن۔ ایک (Spin-one) کے حامل ہیں اور یہ کہ یہ دونوں ''گیج قوتیں'' (Gauge Forces) ہیں (میں اب گیج قوتوں کی تعریف کروں گا۔)

کوانٹم میں تمام قوتیں چاہے وہ گیج قسم کی ہوں یا غیر گیج قسم کی ہوں، ذرات جنہیں میں پیغامبر کہوں گا، کے باہمی تبادلے سے پیدا ہوتی ہیں۔ ان پیغامبروں (۲۲) کی سپن ہمیشہ ہی عددی (0,1*h*,2*h*,3*h*...) ہونی چاہئے۔ الیکٹرون، نیوٹرینو، پروٹون اور نیوٹرونوں جیسے اساسی مادی ذرات کے برعکس جو سب کے سب انفرادی طور پر فطری سپن h/2 رکھتے ہیں اور ڈیراک کی مساوات سے بیان کیے جاتے ہیں۔ غیر گیج قوتوں کے برعکس گیج قوتیں سپن۔ایک (۲۳) پیغامبروں کے تبادلے سے پیدا ہوتی ہیں۔

گیج قوتیں اور سپن۔ایک کے ''پیغام رساں''

تمام گیج قوتوں کی ابتدائی شکل (Prototype) برقناطیسیت ہے۔ یہاں سپن۔ ایک کا پیغام رساں، روشنی کا کوانٹم ، فوٹون ہے۔ ''ماخذ'' (Source) اجسام جیسے ایک پروٹون، P اور ایک لیکٹرون-e جو دونوں ایک ہی مقدار والے لیکن مخالف اکائی برقی چارج رکھتے ہیں کے درمیان قوت کی تصویر کشی کے لیے ہم یہ تصور میں لا سکتے ہیں کہ ایک پروٹون حرکت کرتے ہوئے ایک فوٹون خارج کرتا ہے۔ اس طرح میکسول کے قوانین کے مطابق

حرکت میں کمی اور اس کی راہ کی سمت تبدیل ہو جاتی۔ (دیکھیں شکل ۴۔ الف)۔ الیکٹرون (e-) یہ فوٹون جذب کر لیتا ہے او روہ سرتمسایا (Accelerate) جاتا ہے۔ پھر میکسول کے قوانین کے عین مطابق (شکل ۴۔ب) اگر فوٹون نظر نہیں بھی آتا پھر بھی کسی بھی مشاہد کے لیے اس تبادلے کا اثر پروٹون اور الیکٹرون کے درمیان معیار حرکت کا تبادلہ ہے۔ یہ وہ ہے جسے ہم عمل میں ''برقناطیسیت کی قوت'' کہتے ہیں (شکل ۴۔ج)

ان خیالات کی تعیم کرکے ''گیج پیغام رسانوں'' کی ملٹی پلیٹ (Multiplets) حاصل کی جاسکتی ہیں۔ تحقیق سے پتہ چلتا ہے کہ مساوی کمیتوں (۲۴) کے ''گیج پیغام رسان'' صرف مخصوص حجم کی ملٹی پلٹوں ہی میں متجمع پائے جاتے ہیں۔ مثال کے طور پر گیج ملٹی پلٹوں کی یکی (1)، تکی (3) اور اٹھی (8) وغیرہ ہی ہونا چاہیئے۔ ان کے درمیان کوئی اور عدد نہیں ہونا چاہیئے (۲۵)۔ خاص طور سے گیج پیغام رسانوں کی ممکنہ ملٹی پلٹوں میں کوئی دکی نہیں ہے۔ یہ ایک اہم بات ہے (جو غیر گیج پیغام رسانوں کے لیے درست نہیں) جس نے گیج کی نشاندہی اور کمزور نیوکلیائی اور برقناطیسی قوتوں کے اتحاد میں اہم کردار ادا کیا۔

''متحدہ الیکٹرو ویک قوت''

۱۹۵۰ء کے لگ بھگ جب وارڈ (Ward) اور میں نے یکجائیت کے مسئلہ پر تحقیق کا آغاز کیا تو چار اساسی قوتوں کے بارے میں روایتی سوچ کچھ اس طرح تھی۔

(الف) ایک تو برقناطیسیت تھی۔ ایک گیج قوت اور جس کا سپن۔ ایک کا صرف ایک پیغام رساں فوٹون تھا۔ اسے ایک امتیازی ''گیج قوت'' کے طور پر بخوبی سمجھا جا چکا تھا۔

(ب) پروٹون اور نیوٹرون کے درمیان قوی قوت۔ جاپانی طبیعیات دان ہائیڈی یوکاوا(Hiedi Yukawa)کے کام کی وجہ سے صفر سپن والے (پایون (Pions) تین پیغام رسانوں کے ذریعے جنم لیتی سمجھی جاتی تھی۔ یہ گیج قوت نہ تھی۔ گیج قوت لازمی طور پر سپن۔ ایک والے ذرات کے واسطے ہی سے جنم لیتی ہے۔ جبکہ پایونی (Pionic) پیغام رسانوں کی سپن صفر تھی۔

(ج) کمزور قوت کے پیغام رسان اس وقت تک دریافت نہیں ہوئے تھے۔ یہ واضح نہ تھا کہ اگر وہ وجود رکھتے بھی ہیں تو ان کی سپن صفر ہے یا سپن۔ ایک کی اکائیاں ہیں۔

(د) آخرنا تجاذبی قوت تھی جس کے پیغام رسانوں کی سپن دو اکائیوں کے مساوی ہونا چاہئے تھی۔

مذکورہ بالا چار قوتوں کے مابین جہاں تک ان کے پیغام رسانوں اور ان کی سپنوں کا تعلق ہے، کوئی چیز بھی مشترک نہ تھی۔ لیکن یہ صورت اس وقت بدل گئی جب چینی طبیعیات دانوں لی (Lee)اور یانگ(Yang)کے تجویز کردہ آئینہ تشاکل تجربات کے نتائج سامنے آئے۔ ان تجربات نے ۱۹۵۷ء میں یہ ثابت کیا کہ "کمزور" "پیغام رسان" (اگر وجود رکھتے ہیں) تو ان کی سپن لازماً ایک ہونی چاہئے۔

اب ان ممکنہ پیغام رسانوں میں سے دو W+W-(مساوی کمیتوں کے ساتھ) کے وجود کو مان کر اس وقت تک معلوم تمام کمزور تعاملوں کو سمجھا جا سکتا تھا۔ خاص طور پر مادام کیوری کے نیوٹرون کے بیٹا زوال کو، جیسے کہ

n p+e+v

اب اگر +Wاور -W حقیقی طور پر سپن۔ایک کے اجسام ہیں تو اس یقین کے لیے معقول شواہد ہیں کہ کمزور قوت ایک گیج قوت ہے۔ لیکن +Wاور -W کے ساتھ ایک بنیادی سقم ہے۔ +W اور -W (دونوں) مل کر صرف ایک دکی (مساوی کمیت) کی تشکیل کرتے ہیں۔ جبکہ گیج پیغام رسانوں کی ملٹی پلیٹ میں صرف دو ارکان نہیں ہو سکتے۔ کم از کم ایک اور پیغام رسان ہونا چاہئے جو +Wاور -W کے ساتھ مل کر تین پیغام رسانوں کی ایک تکی تشکیل دے سکے۔ ہمیں (جان وارڈ اور مجھے) اپنی یہ تجویز بالکل فطری (شونگر کی پیروی

میں) گی کہ تکی کا یہ تیسرا فوٹون ہونا چاہئے۔ اس مفروضے کی بدولت یہ پرکشش امکان پیدا ہوا کہ برقی مقناطیسیت اور کمزور نیوکلیائی قوت کو ایک واحد گیج نظریہ میں متحد کیا جا سکے۔ اسی تصور کو گلا شاؤ(Glashow)اور وائن برگ(Weinberg)نے بھی آزادانہ طور پر پیش کیا۔

اس تصور کو قابل توجہ نظریہ میں تبدیل کرنے کے لیے ہماری پہلی کوشش درست ثابت نہیں ہوئی۔ کیونکہ اس کے ساتھ کئی طرح کے مسائل درپیش تھے، جن میں سے ایک بڑا مسئلہ یہ تھا کہ کمزور قوت کبھی (Left-handed) تھی، جب کہ برقناطیسی قوت کبھی، جب کہ برقناطیسی قوت کبھی ہونے کے ساتھ ساتھ دائیں دستی(Right-handed) بھی تھی۔ ایک متحدہ نظریہ کے لیے اس تناقص سے کیسے نپٹا جائے؟ دوسرا مسئلہ گیج قوت کی کمیتوں سے متعلق تھا۔ اگر فوٹون، +W اور -W ایک ہی گیج تکی کے رکن ہیں تو ان سب کی کمیت صفر ہونی چاہئے۔ ہمیں علم تھا کہ فوٹون کی کمیت سکونی تو صفر ہے لیکن +W اور -W کی کمیت کافی زیادہ تھی۔ چونکہ کمزور قوت کی حد بہت ہی چھوٹی یعنی 16-10 سم کے لگ بھگ تھی(اس کا مطلب تھا کہ پیغام رسانوں کی کمیت کم از کم 87 پروٹونوں کی کمیت کے مساوی ہوگی)۔

پہلے مسئلہ کو حل کرنے کے لیے ہمارے پاس نظری طبعیات میں مارشک (Marshak) کا وضع کردہ ایک محفوظ کلیہ ہے۔ جس کے مطابق جب کبھی بھی شک میں مبتلا ہوں تو تجربے نے یہ سکھایا ہے کہ زیر بحث ذرات کی تعداد دوگنا کر دو۔ ہم نے بھی بالکل یہی کچھ کیا۔ ہم نے تعدیلی (Neutral) پیغام رسانوں کی تعداد کو دوگنا کرنے کے لیے

ایک ''بھاری فوٹون'' (جس کا نام Z0 رکھا گیا)، کے وجود کا مفروضہ پیش کیا۔ یہ نیا پیغام رسان Z0 صرف کچھ اجسام کے مابین قوت کی ایک نئی قسم کو جنم دے گا۔ مثال کے طور پر
$(p+e)_L, (n+e)_L$ یا $(p+v)_L, (p+v)_L$ یا $(p+e)_L, (p+e)_L$
$(p+e)_L, (n+e)_L, (p_L+v)_L, (p+v)_L$ وغیرہ۔

یہ تو ٹھیک تھا۔ لیکن Z^0 کو اس طرح لینے سے برقناطیسیت اور کمزور قوتوں کے اتحاد کے تمام نشانات معدوم ہو گئے۔ اتحاد اور اس کے ساتھ میں تنگی کی گیج خاصیت کو برقرار رکھنے کے لیے ہمیں تمام پیغام رسانوں W^+, W^-, Z^0 اور Υ^0 (۲۶) کو ایک ساتھ استعمال کرنا پڑا۔

ہم ملاپ کے لیے اتنے بے چین کیوں تھے؟ اس کی وجہ یہ تھی کہ یہ ڈیراک کی اس پہلی ضرورت کے عین مطابق تھا کہ آخری نظریہ تمام تناقصوں (Inconsistencies) اور لامتناہیوں سے پاک ہونا چاہیے۔ اس منزل کو حاصل کرنے کے لیے نظریے کی ری نارملائز (Renormalize) شکل میں۔۔۔ضروری تھا کہ Z^0 اور Υ^0 دونوں باہم گتھے ملے ہوں (Z^0 اور Υ^0 کو علیحدہ کرنے کی ہر کوشش ڈیراک کے تناقص اور لامتناہیوں کو واپس لے آئے گی جیسا کہ جی ٹی ہوفٹ (G.t. Hooft) اور بی ڈبلیو لی (B.W.Lee) ثابت کر چکے تھے)۔

اگلا مسئلہ گیج ذرات کی کمیتوں سے متعلق تھا۔ فوٹون (Υ) کو تو لازمی صفر سکونی کمیت کا حامل ہونا تھا تو کہ برقی مقناطیسی قوت کی لامتناہی حد رہ سکے۔ اس کے برعکس W^+، W^- اور Z^0 کی کمیت کافی زیادہ ہونا ضروری تھی تا کہ وہ 10^{-16} سم کی حد کی قلیل الفاصلہ حدی کمزور قوتوں کو جنم دے سکیں۔ اب ان کی یہ کمیت کہاں سے آئی۔

وائن برگ اور میں نے تجویز کیا کہ ''جواب'' ان ماحولیاتی اجزا کی سمجھ میں پوشیدہ ہے جو تشاکل کو یکدم توڑ دیتے ہیں۔ Z اور W کی اونچی کمیتیں ایک فیز عبور (Phase Transition) کے نتیجے میں نمودار ہونا چاہئیں (جیسا کہ برف اور پانی کا عبور جو صفر ڈگری سنٹی گریڈ کے بحرانی (Critical) درجہ حرارت پر جنم لیتا ہے)۔ مثلاً پانی کی ایک چادر کئی ایسے تشاکل کا اظہار کرتی ہے جو برف کے کرسٹل نہیں رکھتے۔ یہ تشاکل دوبارہ صفر ڈگری درجہ حرارت سے نیچے ٹوٹ جاتا ہے۔ اس درجہ حرارت سے اوپر یہ تشاکل دوبارہ نمودار ہو جاتا

ہے۔ درجہ حرارت جتنا اونچا ہوگا تشاکل بھی اتنا ہی زیادہ ہوگا۔

یکدم ٹوٹنے والے تشاکل کی ایک بڑی معروف مثال فیرو مقناطیسیت (Ferromagnetism) سے متعلق ہے جو ۱۹۲۸ء میں ورنر ہائزنبرگ نے حل کی تھی۔ مقناطیسوں کے شمالی اور جنوبی قطبین ہوتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ وہ مکان میں ایک ترجیحی سمت بندی رکھتے ہیں۔ وہ متشاکل نہیں ہوتے۔ اگر ایک سلاخی مقناطیس کو گرم کیا جائے تو (اس کی مقناطیسیت زائل ہو جاتی ہے اور) وہ متشاکل ہو جاتا ہے۔ اس کے ایک سرے کو دوسرے سے ممتاز کرنے کا کوئی طریقہ نہیں ہوتا۔ جب مقناطیس ٹھنڈا ہو جاتا ہے تو اس کی مقناطیسیت واپس لوٹ آتی ہے، پھر سے اس کے شمالی اور جنوبی قطب بن جاتے ہیں۔ ہم کہتے ہیں کہ تشاکل یکدم ٹوٹ گیا یا مخفی ہوگیا۔ جب مقناطیسی سلاخ سرخ گرم ہو تو تشاکل ظاہر ہوتی ہے ورنہ جب مقناطیسیت کا اظہار ہو رہا ہو، تکنیکی زبان میں ترتیب (Order) کی حالت یا یکدم ٹوٹا ہوا تشاکل کہتے ہیں۔ ہم ذراتی طبیعیات دانوں کو بھی قلیل حدی اور طویل حدی قوتوں کی گیج یکجائیت کے لیے تشاکل بمقابلہ ترتیب (۲۷) کی اہمیت کو سمجھنا پڑا۔

ذراتی طبیعیات میں مذکورہ بالا عبور کو حاصل کرنے کے لیے ہمیں فاضل ذرات کے وجود کو فرض کرنا پڑتا ہے۔ یہ ذرات نام نہاد (غیر گیجی) سپن صفر کے ہگز بوزون (Higgs Bosons)(۲۸) ہیں۔ ہم نے تجویز کیا کہ عبور سے پہلے W^+، W^- اور Z^0 اور فوٹون کی کمیتیں صفر ہوں گی۔ ان کے علاوہ ایک ہگز دکی (H^+, H^0) اور اس کی رد دکی (H^-, H^0) بھی ہوگی۔ ان چاروں ذرات کی ہیلی سٹی (Helicity) صفر ہوگی۔ جب عبور ہو چکا ہوتا ہے اور تشاکل یکدم ٹوٹ چکا ہوتا ہے تو فوٹون صفر کمیتی ہی رہتا ہے لیکن W^+, W^- ہگز ذرات ($H^\pm$) کو اپنے اندر ضم کرکے کمیتیں حاصل کر لیتے ہیں۔ جب کہ Z^0 تعدیلی ہگز ذرات (H^0+H^0) کو اپنے اندر سمو کر اپنی کمیت حاصل کرتا ہے۔ ہگز کا باقی ماندہ حصہ (H^0-H^0) ایک مخصوص قیمت کے ساتھ باقی رہ جاتا ہے جس کی تجربی دریافت ہونا ابھی باقی ہے۔ مذکورہ بالا طریقے سے ہی $W^\pm$ کی کمیت 87 پروٹون کمیت اور Z^0 کی 97 پروٹون کمیت نکلتی ہے (W اور Z کے لیے غیر صفر کمیتوں کا نمودار ہونا ہی تشاکل کے یکدم ٹوٹنے کا ہی اصل سبب ہے)۔ (۲۹)

Z,W اور ہگز نظام میں ہیلی سٹی کی حالتوں کی کل تعداد عبور سے پہلے اور بعد میں ایک ہی رہتی ہیں۔ عبور سے پہلے W^2 اور Z^0 کی کمیتیں صفر اور ہیلی سٹیاں صرف دو (th) ہوتی ہیں جبکہ چار ہگز اجسام چار ہیلی سٹی حالتوں سے متعلق ہوتے ہیں۔ اس طرح کل ہیلی سٹی حالتیں 6+4=10 ہوتی ہیں۔ عبور کے بعد (نسبتاً نچلے درجہ حرارت پر W اور Z جیسے ہر کمیتی جسم کے لیے تین تین $(\pm h, 0)$ ہیلی سٹی حالتیں ہوتی ہیں جبکہ باقی ایک تعدیلی ہگز کی ایک ہیلی سٹی حالت ہوتی ہے (یعنی کہ پھر سے 3x3+1=10)

وہ بحرانی درجہ حرارت جس پر الیکٹرو ویک عبور ہوتا ہے، کائنات کی اس حالت سے متعلق جب اس کا درجہ حرارت 300 پروٹون کمیت (۳۰) کے برابر ہو، 300 پروٹون کمیت کا درجہ حرارت برقناطیسی قوت کو کمزور نیوکلیائی قوت کے ساتھ متحد کرنے کی خواہش کا نتیجہ تھا۔ فریڈمین کے کام کے نتیجے میں کائنات کا یہ درجہ حرارت گرم دھماکے کے 10^{-12} سیکنڈ کے بعد کا تھا۔

فیز عبور سے پہلے (یعنی کہ جب درجہ حرارت 300 پروٹون کمیت سے زیادہ تھا) صرف ایک واحد الیکٹرو ویک قوت تھی۔ اس کے فوراً بعد ہی یہ واضح طور پر دو مختلف قوتوں یعنی کمزور نیوکلیائی قوت اور برقناطیسی قوت میں تقسیم ہوگئی۔ W^-, W^+ اور Z^0 نے اپنی کمیتیں حاصل کرلیں۔

اب تک کی گفتگو کا خلاصہ یہ ہے کہ ہمارے تجویز کردہ خیالات کا تسلسل کچھ اس طرح سے تھا کہ شروع میں W^+ اور W^- پیغام رساں تھے جن کی سپن۔ ایک ہونی چاہئے جیسا کہ یانگ اور لی کے تجویز کردہ پیریٹی (Parity) کی خلاف ورزی کرنے والے تجربات نے ثابت کیا تھا۔ اگر یہ ذرات گیج پیغام رسان ہیں تو ہمیں ایک اور تیسرا فوٹون جیسا پیغام رساں Z^0 فرض کرنا پڑے گا۔ Z^0 نئے قسم کی کمزور قوتوں کو جنم دیتا ہے۔

پرانے فوٹون Υ کو نئے فوٹون کی قسم Z^0 کے ساتھ آمیزش کرنا چاہئے تاکہ ڈیراک کے حوالے سے نظریے میں کوئی تناقص اور لامتناہی باقی نہ رہے۔ اس مرحلے پر Z^0, W^-, W^+ اور فوٹون جیسے تمام چاروں ذرات کی سکونی کمیت صفر ہوگی۔

بھاری اجسام $(Z^0, W^{\pm})$ کی کمیتیں ایک فیز عبور کی وجہ سے نمودار ہوتی ہیں جو 300 پروٹون کمیت کے درجہ حرارت پر کائنات کی ابتدائی حالت میں یکدم ہوتا ہے۔ اس

فیز عبور کو برپا کرنے کے لیے ہمیں (غیر گیج) صفر سپن والے ہگز ذرات کی ایک وکی اور ایک رودکی کی ضرورت ہوگی۔

اب میں بعد میں ہونے والے تجربات کی تاریخ مختصراً بیان کروں گا۔

(الف) ہم نے ایک نئے قسم کے پیغام رساں بے چارج ذرہ Z^0 کی پیشن گوئی کی تھی۔ یہ ذرہ ایک نئے قسم کی کمزور قوت کو جنم دے گا۔ مزید برآں تبادلہ ہونے والے Z0 کی برقی تعدیلیت کی وجہ سے آخری اور ابتدائی ذرات ۱۹۷۳ء میں پہلی بار یورپی لیبارٹری برائے ذراتی طبعیات سرن (CERN) میں فرانسیسی حکومت کے ایک تحفے گارگامیل بلبلہ چیمبر (Gargamelle Bubble Chamber) کے استعمال کے ذریعے دریافت کیے گئے۔

(ب) اس نئی قوت کی موجودگی (Z^0 کے تبادلے کی وجہ سے) فوٹون Υ^0 اور Z^0 کے توسط سے ہونے والے الیکٹرون اور ڈیوٹرون (d+) تعاملوں کے باہمی تداخل میں دیکھی جا سکتی ہے (دیکھیں شکلیں 7الف اور 7ب)۔ عام حالات میں اگر تبادلہ ذرات صرف فوٹون ہوں تو پیدا ہونے والی قوت کو برقناطیسی تصور کیا جائے گا۔ ایسی صورت میں دونوں قسموں کھبے اور دائیں دست پن والے الیکٹرون 50:50 کی نسبت سے منتشر ہوں گے۔ لیکن اگر اس میں Z^0 (اپنی نئی کھبی کمزور قوتوں کے ساتھ $(p+e)_L$ اور $(p+e)_L$ $(p+e)_L$ $(n+e)_L$) بھی شامل ہو جائے تو 50:50 کی نسبت تباہ ہو جائے گی۔ بائیں اور دائیں کے مابین غیر تشاکل کو ۱۹۷۸ء میں سٹین فورڈ لینیر ایکسی لیٹر (Stanford Linear Accelerator) سلیک (SLAC) میں تجربات کے ساتھ پرکھا گیا اور نتائج کو عین پیشن گوئی کے مطابق پایا گیا۔

یہاں یہ بات قابل ذکر ہے کہ سرن اور سلیک میں حاصل ہونے والے دونوں تجربی ٹیسٹ بالواسطہ ٹیسٹ تھے۔ ان تجربات میں Z0 ذرات کو آزاد فضا میں اس لیے پیدا نہیں کیا جا سکتا تھا کیونکہ اس کے لیے مطلوبہ توانائی دستیاب نہ تھی۔

ہمیں ایسے براہ راست ٹیسٹ کی ضرورت تھی جن میں فعال Z0 پیدا کیے جا سکیں جیسا کہ میں نے پہلے بھی بتایا ہے کہ یہ -+W اور Z^0 کی کمیتیں پیشن گوئی کے مطابق بالترتیب 87 اور 97 پروٹون کمیت کے لگ بھگ تھیں۔ جب کہ ان فطری سپن کو ایک ہونا چاہئے تھا۔ یہ ذرات ان پیشن گوئی کردہ کمیتوں کے ساتھ (ایک فی صد کی صحت کے ساتھ)۱۹۸۳ء میں سرن لیبارٹری میں پیدا کئے گئے۔ مزید برآں W اور Z^0 کی سپن بھی مشاہدات کے مطابق ایک ہی پائی گئی۔

W^+, W^- اور Z^0 کو پیدا کرنے کے لیے سرن ایکسی لیٹر SpS کو SppS میں تبدیل کرنا (SppS کا مطلب سپر پروٹون رد پروٹون سنکروٹرون ہے) تا کہ چھوٹی تعاملی جگہ میں اس کی حالت پیدا کی جا سکے جو کائنات کے ابتداء میں تھی۔

بالخصوص ایک نئی رد پروٹون بیم تیار کی گئی جس کے لیے رد پروٹون مجتمع (Anti Proton Accumulator) نامی ایک مشین بنائی گئی۔ رد پروٹون p، ایک پروٹون سے ٹکرا کر فنا ہو جاتا ہے جس کے نتیجے میں اتنی توانائی پیدا ہوتی ہے جو $w^{\pm}$ اور z^0 کو پیدا کرنے کے لیے مطلوبہ توانائی سے زیادہ تھی۔ اس غیر معمولی تجربے کے ساتھ p بیم کے موجد وان ڈر میر (van der meer) اور اس کے پورے تجربے کا انتظار کرنے والے کارلو روبیا (Carlo Rubbia) نے سرن (یورپین آرگنائزیشن برائے نیوکلیئر ریسرچ) کے لیے ۱۹۸۴ء میں پہلا نوبل انعام حاصل کیا۔

نئے سلیک (سٹین فورڈ لینیر ایکسی لیٹر سنٹر) اور سرن میں نئے بنائے جانے LEP ایکسی لیٹر کے گرد ایسے تجربات وضع کئے جا رہے ہیں جو Z کی کمیت نہایت صحیت کے

ساتھ ناپیں گے۔ اگر ان تجربات میں الیکٹرو ویک نظریے کی پیش گوئیوں سے کوئی انحراف پایا گیا(اور مضمون کی مستقل ترقی کے لیے ایسے انحرافوں کو پایا جانا چاہئے) تو پھر نظریے کو مزید توسیع دینے کی ضرورت ہوگی۔

نظریہ کو توسیع دینے کی ضرورت کیوں ہے؟ یہ اس لئے ضروری ہے کہ فی الوقت نظریہ میں کوارکوں اور لیپٹونوں کی تمام کمیتیں لازمی طور پر ''آزاد'' پیرامیٹر ہیں۔ ان کا تعین تجربات سے ہوتا ہے، ایک ایسے نظریے کے لئے جو بنیادی نوعیت کا ہو یہ تسلی بخش نہیں۔ دراصل اساسی نظریہ کو تو ان تمام کمیتوں کو محض ایک اساسی کمیت (جیسے پلانک کمیت) کے واسطے سے حاصل کرنا چاہئے۔ یہی ایک ایسا آزاد پیرامیٹر ہے جو ہماری کائنات کے حجم اور اس میں موجود سب کا تعین کرتا ہے۔

اوپر والی تصویر میں (بائیں سے دائیں) شیلڈن گلاشو، عبدالسلام اور سٹیون وین برگ جنہیں ان کے کام ''کمزور اور برقناطیسی قوتوں کی یکجائی'' پر 1979ء کا طبعیات کا نوبل انعام دیا گیا۔ کارلو روبیا اور سائمن وان ڈر میئر جنہیں 1983ء میں سرن میں W اور Z بوزونوں کی موجودگی کی تصدیق کرنے پر 1984ء کا طبعیات کا نوبل انعام دیا گیا۔

Z^0 کی پیغام رسانی اور حیاتی سالموں کا دست پن

نئے کمزور کھبے تعامل (Z^0 قوتیں) کے وجود کا ایک دلچسپ پہلو ہے۔ یہ معروف حقیقت ہے کہ کئی حیاتی سالمے دو واضح شکلوں میں ہوتے ہیں۔ جن کا کیمیائی فارمولہ تو ایک ہی ہوتا ہے لیکن یہ ایک دوسرے کی آئینہ شکل ہوتے ہیں۔ ان کی ایک مثال ایل ایلانائن (L-Alanine) اور ڈی ایلانائن (D.Alanine) سالمے فراہم کرتے ہیں۔ (شکل ۹ کو دیکھیں)۔

ڈی ایلانائن ایل ایلانائن

آئینہ شبیہ سالمات ایل ایلانائن (کھبے) اور ڈی ایلانائن (دایاں دست پن)

لیبارٹری میں کیمیائی تالیف کے وقت کھبے اور دائیں دست پن والے دونوں قسم کے سالمات برابر تعداد میں بنائے جاتے ہیں۔ یہ ایک پچاس۔پچاس نسبت کا آمیزہ ہوتا ہے۔ لیکن عمومی طور پر فطرت میں صرف کھبے امائنو ایسڈ (Amino Acids) اور دائیں دست پن والے شکر سالمات پائے جاتے ہیں۔ فطرت میں ''دست پن'' کا سمجھنا بڑی اہمیت کا حامل ہے۔ مثال کے طور پر تھالی ڈومائڈ (Thalidomide) (جس کی وجہ سے پیدائشی نقائص پیدا ہوئے) نامی دوائی لیبارٹری میں تیار کی گئی اور اسے بائیں اور دائیں دست پن والے سالمات کی برابر برابر کی تعداد کے آمیزے کی شکل میں مریضوں کو دی گئی۔ بعد میں یہ دریافت ہوا کہ کھبی شکل والے سالمات پیدائشی نقائص کے ذمہ دار ہیں۔ ایک اور مثال پنسلین سے متعلق ہے۔ بیکٹیریا استثنائی طور پر اپنے سیلوں کی دیواروں کی تعمیر میں دائیں دست پن والے امائنو ایسڈ استعمال کرتے ہیں۔ پنسلین بذات خود دائیں دست پن

والے امائنو ایسڈ کا ایک گروپ رکھتی ہے اور بیکٹیریا کے سیلوں کی دیواروں کی تالیف میں رخنہ ڈالتی ہے۔ یہ عمل بیکٹیریا سے مخصوص ہے اور بیکٹیریا کے ممالی (Mammalian) میزبان میں نہیں ہوتا۔

کنگز کالج کے ڈاکٹر ایس میسن (Dr.S.Mason) اور ان کے شریک کاروں نے حیاتی سالموں کے غیر تشاکل کی ایک ممکنہ توجیہہ کمزور کے شکستہ آئینہ تشاکل کی صورت میں پیش کی ہے (۳۲)۔ انہوں نے کبھی Z^0 قوت کو فوٹون کے توسط سے جنم لینے والے معروف برقناطیسی قوت کے ساتھ لیا (اس سے پہلے صرف آخرالذکر قوت ہی کو سالمات کی ساخت اور توانائیوں کے تعین کے لئے استعمال کیا جاتا تھا)۔ انہوں نے دریافت کیا کہ (اگر Z0 قوت کو بھی زیر غور لایا جائے) کھبے امائنو ایسڈ (اور دائیں دست پن والے شکر) سالمات اپنے سے مخالف دست پن والے سالمات کی نسبت زیادہ مستحکم ہوتے ہیں۔ ان تقدیموں سے پتہ چلتا ہے کہ ابتداء میں زیادہ مستحکم سالمات دوسرے نسبتاً غیر مستحکم سالمات کے 10^{16} میں ایک زیادہ ہوں گے (یعنی اگر غیر مستحکم 10^{16} ہوں گے تو نسبتاً مستحکم $(1+10)^{16}$ ایک ہوں گے۔

اس کے بعد ''کیٹا سٹروفک نظریہ'' (Catastrophic Theory) کی ایک شکل کا استعمال ضروری ہے (۳۳)۔ ایک دفعہ ایک مخصوص آئینہ حالت کے لئے ترجیح کا قائم ہونا ضروری ہے چاہے وہ ترجیح کتنی ہی معمولی کیوں نہ ہو۔ تو پھر وہ طویل دور جس میں حیاتی ارتقاء ہوا ہے (کروڑوں سال) باقی سب کی توجیہہ کے لئے کافی ہے۔ بشمول اس حقیقت کے کہ آج کل میں نسبتاً غیر مستحکم سالمات نہیں پائے جاتے ہیں۔

یہ یقین بتدریج پختہ ہو رہا ہے کہ الیکٹروویک قوت حقیقی ''قوت زیست'' ہے اور اللہ نے Z0 ذرات اس لئے پیدا کئے ہیں تاکہ یہ زندگی کے سالمات کے لئے کھبا پن فراہم کرسکیں۔

''قوی نیوکلیائی قوت بطور گیج قوت کے اور سٹینڈرڈ ماڈل''

''قوی نیوکلیائی قوت اور گلواون بطور گیج ذرات''

کمزور نیوکلیائی قوت اور برقناطیسی قوت کو تشکیل دینے والی ''الیکٹرو ویک قوت'' کی دریافت کے ساتھ قوی نیوکلیائی قوت کے گیج کردار کی نشاندہی کے سلسلے میں بھی متوازی ترقی ہوئی ہے۔ یہ قوت سپن۔ایک کے پیغام رسان نام نہاد گلواونوں کے توسط سے جنم لیتی ہے(اس طرح گیج تصورات کے جواز پر محققین کا اعتماد برابر بڑھتا جا رہا ہے)۔ یہ ترقی ۱۹۷۰ء کے آغاز میں شروع ہوئی اور اس کی انتہاء ۱۹۷۹ء میں ہیمبرگ کی ڈیزی لیبارٹری (DESY Laboratory) میں گلواونوں کی بالواسطہ دریافت سے ہوئی۔

کہانی کا آغاز کوارک بوؤں (Quark Flavours) کی تین دکیوں (u,d)،(c,s) اور (t,b) سے ہوتا ہے۔ پتہ یہ چلا کہ کوارک چھ قسم کے نہیں بلکہ مختلف النواع کے ۱۸ کوارک ہوتے ہیں جو ایک دوسرے سے اپنے رنگ (Colour) کی وجہ سے پہچانے جاتے ہیں۔ ہر کوارک تین مختلف رنگوں میں پایا جاتا ہے۔ جن کو پھر عجیب وغریب نام دیے گئے ہیں یعنی سرخ(R)، پیلا(Y) اور نیلا(B)۔ان تینوں رنگوں کے درمیان مفروضہ تشاکل (۳۴) آٹھ گیج ذرات۔ نام نہاد گلواونوں کو جنم دے گی۔ رنگ کے لئے کوئی ٹھوس ذرہ نہیں ہے۔ تشاکل بے ٹوٹا رہتا ہے اور پیغام رسان ذرات بے کمیتے رہتے ہیں۔ زیادہ پیچیدہ امتحانوں نے بھی اس تصور کی صداقت کی شہادت دی ہے کہ قوی نیوکلیائی قوت مذکورہ بالا پیغام رسان گوادنوں (۳۵) ہی سے جنم لیتی ہے۔

''سٹینڈرڈ ماڈل'' (۳۶)

آج ہم تمام اساسی اکائیوں اور فطرت کی تمام قوتوں (ماسوائے تجاذب کے) کو بیان کر سکتے ہیں جیسا کہ جدول ۱۱ور ۲ میں دکھایا گیا ہے۔

جدول ا، مادے کی اساسی اکائیاں

کوارک:

جدول ۱ اور ۲ میں جو کچھ دکھایا گیا ہے وہ ۱۹۸۸ء تک دریافت شدہ بنیادی ذرات کا سٹینڈرڈ ماڈل ہے۔ اس ماڈل کا ہگز ذرہ ابھی تک لیبارٹری میں پیدا نہیں کیا جا سکا۔ لیکن باقی تمام ذرات کا وجود تجربی طور پر تسلیم شدہ ہے۔

جدول ۲ اساسی قوتوں کے پیغام رساں اور ہگز ذرہ

الیکٹرو ویک گیج پیغام رساں , $\Upsilon^0, Z^0, W^-, W^+$

W^-, W^+, Z^0 کمیتی ہیں اور ان میں سے ہر ایک کی تین تین ہیلی سٹیاں ہیں۔
$h^{\pm}$ اور 0 جبکہ Υ^0 کی سکونی کمیت صفر ہے۔ (اس لئے اس کی صرف دو ہیلی سٹیاں $h^{\pm}$ ہیں)

قوی نیوکلیائی گیج پیغام رساں

آٹھ بے کمیت (برقی طور پر) تعدیلی گلووانوں جن کی سپن h (ہیلی سیٹاں $h^{\pm}$) ہے۔ یہاں تشاکل یکدم ٹوٹا نہیں ہے۔

ہگز ذرہ:

ایک زندہ تعدیلی ہگز جسم (صفر ہیلی سٹی کا حامل) جو الیکٹرو ویک تشاکل کے یکدم ٹوٹنے (۳۷) کے نتیجے میں بچ رہتا ہے۔

سٹینڈرڈ ماڈل سے آگے:

سٹینڈرڈ ماڈل سے ماوراء کون سے خیالات ہوتے ہیں جو اس کی توسیع کے لئے استعمال ہو سکتے ہیں؟

ان خیالات میں سے سب سے اہم ''سپر تشاکل'' (Super Symmetry) کہلاتا ہے۔ یہ وہ تشاکل ہے جو سپن۔ صفر اور سپن۔ 1/2 یا سپن۔ 1 اور سپن 1/2- سپن -2 اور سپن 3/2 کے مابین فرض کیا جاتا ہے۔

جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ عددی فطری سپن $(0,1\hbar,2\hbar,3\hbar....)$ والے ذرات کو بوزون (Bosons) اور نصف عددی فطری سپن $(\hbar/2,3\hbar2....)$ کو فرمی اون (Fermions) کہا جاتا ہے۔ بوزون اور فرمی اون، بہت مختلف النواع قسم کے ذرات تصور کئے جاتے ہیں۔ فرمی اون بڑے انفرادیت پسند ہیں جب کہ بوزون بڑے مجمع باز ہیں۔ لیکن سپر تشاکل ان کو بڑے قطعی انداز میں جوڑ سکتا ہے۔ جہاں تک سٹینڈرڈ ماڈل کا تعلق ہے ایک ہی جھٹکے میں سپر تشاکل اس کے اساسی اجسام کی تعداد دگنی کر دے گا۔ اس میں W^+,W^-,Z^0 اور Υ کے علاوہ ان کے نصف عددی سپن ساتھی بھی وجود رکھیں گے (ان کو وائنو (Winos)، زائنو (Zinos)، اور فوٹینو (Photino) کہا جاتا ہے۔ ان کے علاوہ کوارکوں اور لیپٹونوں کے صفر سپن دوست بھی ہوں بے ان کو سکوارک اور سلیپٹون (جیسے مشکل سے زبان پر آنے والے نام) کہا جاتا ہے۔

سپر تشاکل ایک خوبصورت خیال ہے۔ اس میں ڈیراک کی لامتناہیاں اور تناقص تعداد میں بہت کم ہو جاتے ہیں (گو مکمل طور پر غائب نہیں ہوتے)۔ لیکن یہ ایسا تشاکل ہے جس کی تصدیق میں ابھی کوئی تجربی شہادت نہیں ملی ہے۔ (ہمارا خیال ہے کہ یہ موجودہ ایکسی لیٹروں میں دستیاب کم توانائی کی وجہ سے ہے۔)

یہاں میں سپر تشاکل اور ڈیراک کے بارے میں ایک کہانی بیان کرنا چاہوں گا۔

ڈیراک نے ہمیشہ سے خوبصورتی پر ہی بھروسہ کیا ہے۔ ان کے لیے کسی نظریہ کے قابل قبول ہونے میں اس کی خوبصورتی اہم کردار ادا کرتی تھی، چاہے دستیاب شہادتیں اس کے خلاف ہی کیوں نہ ہوں۔ مثال کے طور پر وہ ہمیشہ ۱۹۰۵ء کے نظریہ خصوصی اضافیت میں شامل کیے جانے والے تصورات کی خوبصورتی پر بڑا زور دیا کرتے تھے۔ خاص طور سے متحرک جسم کی کمیت کا اساسی رفتار پر انحصار جو آئن سٹائن کے خصوصی نظریہ اضافیت کا بنیادی اہمیت کا ایک نکتہ تھا۔ ڈیراک نے یاد کیا کہ ایک وقت تجربی شواہد اس نظریہ کے خلاف تھے۔ ڈیراک مصر تھے کہ کوئی بھی شخص جس میں ذرا بھر بھی عقل ہوگی وہ ان تجربات کو غلط قرار دے کر رد کردے گا چونکہ وہ اتنے بنیادی اور خوبصورت نظریے جیسا کہ خصوصی اضافیت کا نظریہ تھا، کے خلاف تھے۔ اور ان کا یہ تعین بعد میں درست بھی ثابت ہوا جب اس سے بہتر تجربات کیے گئے۔

مجھے یاد ہے کہ ۱۹۷۴ء کی میامی کانفرنس (Miami Conference) میں میں نے سپر تشاکل پر ایک لیکچر دیا تھا۔ ڈیراک اس وقت پچھلی صفوں میں بیٹھتے تھے اور معمول کے مطابق انہوں نے سارے لیکچر کے دوران کچھ نہ کہا۔ لیکچر کے خاتمے پر میں ان کے پاس گیا اور کہا ''پروفیسر ڈیراک کیا آپ کے خیال میں یہ ایک خوبصورت نظریہ نہیں ہے؟ کیا یہ آپ کے معیار دلکشی پر پورا اترتا ہے؟'' انہوں نے مان لیا اور کہا کہ ''یہ ایک خوبصورت نظریہ ہے لیکن اگر سپر تشاکل فطرت کا حقیقی تشاکل ہوتا تو نئے فری اون اور بوزون ابھی تک دریافت ہو چکے ہوتے!'' میں حیران رہ گیا کیونکہ ان کا یہ نقطہ نظر خود ان کے اپنے اصول (خوبصورتی کو اولیت) کے خلاف تھا۔ (وجدانی طور پر شاید وہ درست ہی نکلیں۔ ہمارے مضمون میں کبھی کچھ پتہ نہیں چلتا۔)

سٹینڈرڈ ماڈل سے آگے کے تصورات کا تعلق ذیل سے ہے:

(الف) کوارکوں اور لیپٹونوں کی اساسی حیثیت۔ کیا ان سے بھی زیادہ اساسی اکائیوں کی ایک اور پرت بھی ہے؟ یہ ممکن ہے چونکہ تین ایک سی نسلیں، دو بہت زیادہ ہیں۔

(ب) دائیں دست پن والی کمزور نیوکلیائی قوتیں بھی ہو سکتی ہیں جو اپنا وجود زیادہ اونچی توانائیوں پر ظاہر کریں۔ (پھر ایک اور نیا Z^0 ذرہ بھی ہونا چاہیے جو اعلیٰ ترین درجہ حرارت پر جو Z^0 اور $Z^{0'}$ کے درجہ حرارت سے اونچا ہو، دائیں۔ بائیں کے تشاکل کو دوبارہ

قائم کردے۔)

الیکٹرو ویک قوت اور قوی قوت کا عظیم اتحاد:

سٹینڈرڈ ماڈل میں حاصل کیے جانے والے اتحاد سے آگے ایک اور اتحاد کا مرحلہ آتا ہے۔ یہاں ہم قوی نیوکلیائی قوت کو "الیکٹرو ویک" قوت کے ساتھ یکجا کرنے کی کوشش کرتے ہیں۔ اتحاد کے یہ خیالات کمزور برقی الیکٹرو ویک اتحاد سے براہ راست نکلتے ہیں، جس کے لیے ہمیں نئے گیج پیغام رساں اور نئے غیر گیج ہگز ذرات کی ضرورت پڑی۔ اس نظریہ کو عام طور پر "عظیم نظریہ یکجائیت" (Grand Unification Theory)(۳۸) کے نام سے یاد کیا جاتا ہے۔

اس قبیل کے نظریوں کی ایک پیشن گوئی یہ ہے کہ پروٹون کو زوال پذیر ہونا چاہئے۔ یہ ابتدائی کونیات کے حوالے سے تو خوش کن ہے، اگر پروٹون کا زوال ہوتا ہے(چاہے یہ بہت سست رفتاری سے ہی کیوں نہ ہو۔ اس کی نصف زندگی 1032 سال حساب کی گئی ہے (۳۹) تو زمان تشاکل (Time Symmetry) کے ساتھ ملا کر ہمیں یہ سمجھ آجائے گا کہ آج کائنات میں رد پروٹون اتنے عنقا (Rare) کیوں ہیں؟

آج تک پروٹون زوال کے بارے میں کوئی حتمی تجربی شہادت نہیں ملی ہے۔

تجربات زمین کی اتھاہ گہرائیوں میں کانوں کے اندر کیئے گئے ہیں۔ مستقبل میں شاید چاند کی سطح پر بھی تجربات کیئے جائیں تا کہ زمین پر نیوٹرینوؤں کے پس منظر سے آزاد رہ کر مشاہدات کیئے جا سکیں۔

عظیم متحدہ نظریات کی ایک اور پیشن گوئی ڈیراک کے یک قطبین مونو پولوں (Monopoles) سے متعلق ہے لیکن اس کے بارے میں بعد میں گفتگو ہوگی۔

(a) سرن میں گارگامیلی سراغرساں (b) ایل ای پی رنگ کا منظر
جس میں نئے ذرات پر تحقیق ہوگی

''ذراتی طبیعیات میں ایکسی لیٹروں کا کردار''

میں نے پہلے متحدہ الیکٹرو ویک نظریہ کی تصدیق میں ایکسی لیٹروں کی ٹیکنالوجی کا ذکر کیا تھا۔ جب سے میں نے ذراتی طبیعیات میں تحقیقات کا آغاز کیا ہے تو اس وقت سے اب تک تجربات کا حجم اور ان پر اٹھنے والے اخراجات میں بے پناہ اضافہ ہوا ہے۔ اسی وجہ سے اب ہم ایسے مرحلے پر پہنچ گئے ہیں کہ اگر ہم نے توجہ میں بے پناہ اضافہ ہوا ہے۔ اسی وجہ سے اب ہم ایسے مرحلے پر پہنچ گئے ہیں کہ اگر ہم نے توجہ نہ کی تو ہمارے نظریات کو تجرباتی طور پر جانچ یا ٹیسٹ کرنے کا امکان ہی معدوم ہو جائے گا۔ یہاں کیمبرج میں پرانی کیونڈش (لیبارٹری) میں تجربات اکثر و بیشتر ''ستلی اور مہر بند کرنے والی موم Wax and String) (Sealing قسم کے ہوا کرتے تھے۔ لیکن اب ایسا نہیں رہا۔ سرن میں سپر پروٹون رد پروٹون سنکروٹرون (SppS) کے چھلے کا محیط چھ کلو میٹر ہے جب کہ نئے تعمیر ہونے والے عظیم الیکٹرون۔ پوزیٹرون کولائڈر۔ (Large Electron Positron Collider) ''LEP'' کے چھلے کا محیط ۲۷ کلو میٹر یا ۱۷ میل طویل ہے (اس مشین نے جولائی ۱۹۸۹ء میں کام کرنا شروع کیا تھا۔) سپر کنڈکٹنگ سپر کولائڈر (SSC) کا محیط ۹۳ کلو میٹر (۵۸ میل) ہوگا۔

''نئے ایکسی لیٹر''

جدول ۳ میں کچھ ان ایکسی لیٹروں کی تفصیل دی گئی ہے جو یا تو زیر تعمیر ہیں یا ابھی پلاننگ کے مرحلے میں ہیں۔

سب سے پہلے چار ایکسی لیٹر جو ایسے ہیں جلد ہی ۱۹۹۹ء سے قبل ہی کام شروع کر دیں گے اور جن کی بابت اگلے سالوں میں ہم بہت کچھ سن سکیں گے۔ یہ ایکسی لیٹر ہگز ذرات، سپر تشاکل دائیں دست پن کی کمزور نیوکلیائی توتیں یا یہ فیصلہ کرنے میں کہ کوارک اساسی ہیں یا نہیں، شاید کامیاب ہو جائیں۔ لیکن غالب امکان یہ ہے کہ انہیں کامیابی نہیں ہوگی۔ اس سب کا انحصار اس امر پر ہے کہ ان ایکسی لیٹروں کی کارآمد توانائی کیا ہے اور یہ

کہ مشاہدہ کئے جانے والے عمل کے لئے دہلیزی(Threshold) توانائی کیا ہے۔

اس کے علاوہ ppایکسی لیٹرایسے ہیں جو ابھی تک تو صرف طبعیات دانوں کی آنکھوں میں امید کی چمک ہیں۔ ایک عظیم پروٹون۔پروٹون کولائڈر (LHC LEP III) ہے جو سرن جنیوا میں(پہلے سے موجود ۲۷ کلومیٹر طویل LEP(e+e) سرنگ میں منطبق کیا جائے۔ پھرSSCایک پروٹون، پروٹون کولائڈر ہے جو امریکی محکمہ توانائی ٹیکساس میں بنانے کا پروگرام ہے۔ اس کے لئے پانچ ارب ڈالر کی خطیر رقم کی درخواست کی گئی ہے جو اس مشین کی تعمیر کے دوران پانچ سالوں میں درکار ہوگی (۴۰)۔ اس کا ہمیں موازنہ بے معنی ایس ڈی آئی(SDI) جنگی دفاعی ابتدائی پروگرام (Strategic Defence Initiative Programme) سے کرنا چاہئے جس پر ابھی تک 12.7 ارب ڈالر پہلے ہی سے خرچ کر چکے ہیں۔ پھر ایک تجویز سسلی کے علاقے پر ایلوائسٹرون (Eloistron) ایکسی لیٹر بنانے کی ہے جو اب تک تجویز کردہ ایکسی لیٹروں میں سب سے بڑا ایکسی لیٹر ہوگا۔ اس کا محیط 200 کلومیٹر ہوگا۔

ایک مختلف کیٹگری خطی (Linear) الیکٹرون۔ پوزیٹرون ایکسی لیٹر ہیں۔ (۱) CLIC سرن میں(e+e) کی تجویز۔ (۲) اس طرح کی ایک اور بڑی مشین VLLP یونین آف سوویٹ سوشلسٹ ری پبلکن(USSR)(۴۱) میں بنانے کی تجاویز شامل ہیں۔ الیکٹرون۔ پوزیٹرون(e+e) مشینوں میں بڑی خوبی یہ ہے کہ باہم ٹکرانے والے ذرات کی تمام توانائی تجربے کے لئے دستیاب ہوتی ہے۔ جب کہ پروٹون۔ پروٹون قسم کی مشینری میں (جیسی کہ SSC ہے) ٹکرانے والے ذرات کی توانائی کے صرف ایک چھٹے (۱/۶ سے لے کر تہائی حصہ (۱/۳) کو کارآمد طور پر استعمال میں لایا جا سکتا ہے۔ یہ اس لئے ہے کہ ہر پروٹون مشین کوارکوں کا مجموعہ ہے اور ان میں سے صرف دو (ہر پروٹون میں سے ایک) ہی تعامل میں حصہ لیتے ہیں۔ اس طرح فاضل توانائی تعامل میں حصہ نہ لینے والے ذرات کی توانائی کے طور پر ضائع ہو جاتی ہے۔

اس کے مقابلے میں دائروی (الیکٹرون۔ پوزیٹرون) ایکسی لیٹروں سے حاصل شدہ توانائی موڑنے والے مقناطیسوں کی طاقت کی نسبت سے حد بند ہوتی ہے۔ یہ مقناطیس ذرات کو دائروی مدار میں رکھنے کے لئے استعمال ہوتے ہیں۔ اب امکان پیدا ہو رہا ہے کہ

سپر کنڈکٹنگ ٹیکنالوجی (Super-Conducting Technology) کو استعمال کر کے نسبتاً پابندی سے چھٹکارہ پانا ممکن نہیں ہے۔ وہ ہے سنکروٹرون اشعاع (Synchrotron Radiation) جو برقی بار کا حاصل ہر ذرہ دائروی راہ میں حرکت کرتے ہوئے خارج کرتا ہے۔ ذرات کو سرتمانے کے لئے مطلوبہ توانائی (میکسول کے نظریات کے مطابق) کولائیڈر کی توانائی کی مربع کے مربع کے حساب سے (Fourth Power) (۴۲) بڑھتی ہے۔ اس طرح برقی توانائی پیدا کرنے والا بڑے سے بڑا اسٹیشن بھی دائروی ایکسی لیٹروں کی توانائی کی مانگ کو پورا کرنے سے قاصر رہے گا۔

ایکسی لیٹروں کی دوسری قسم خطی ایکسی لیٹروں کی ہے۔ ان ایکسی لیٹروں کے مسائل ذرا مختلف قسم کے ہیں۔ پھر بھی ان میں حاصل شدہ توانائی ذرات (الیکٹرون/پروٹون) کو سرتمانے والی برقی قابل رسائی فیلڈ ڈھلان (Electric Field Gradient) کی وجہ سے حد بند ہوتی ہے۔ آج کل بہترین برقی فیلڈ جو دستیاب ہیں وہ ایک گیگا وولٹ فی میٹر (10^{12} وولٹ/میٹر) سے زیادہ نہیں ہیں۔ اگلے بیس سالوں میں شاید ہم نئی ٹیکنالوجی کی مدد سے اس کو ہزار گنا بڑھا سکیں۔ یہ بیٹا ویو لیزر پلازمہ (Beta Wave Laser Plasma) ایکسی لیٹر ٹیکنالوجی ہے۔ پھر بھی ہمیں 10^{20} پروٹون کمیت کے مساوی آخری پلانک توانائی حاصل کرنے کے لئے ایک ایسا خطی ایکسی لیٹر درکار ہوگا جس کی لمبائی دس نوری سال ہوگی! یہ سب مستقبل کے ایکسی لیٹر طبیعیات دانوں کے بارے میں عجیب وغریب تصورات سامنے لاتے ہیں جب وہ مخصوص خلائی جہازوں میں ایکسی لیٹروں کے ساتھ ساتھ دوڑ لگا رہے ہونگے۔

''ابتدائی کونیات''

ایک اور میدان (Area) جس میں ذراتی طبیعیات نے اہم معلومات اور نظریات فراہم کئے ہیں وہ ابتدائی کونیات کا مضمون ہے۔ اس مضمون میں ذراتی طبیعیات کا اس قدر عمل دخل ہے کہ اسے اکثر ذراتی طبیعیات ہی سے گڈ مڈ کر دیا جاتا ہے۔ یہ اس لئے ہے کیوں کہ غیر عبور جو کونیات کے ایک عہد کو دوسرے سے ممتاز کرتی ہیں ساتھ ہی ساتھ وہ میکنزم بھی ہیں جن کے توسط سے واحد مطلق قوت کائنات کے گھٹتے ہوئے درجہ حرارت کے

ساتھ پہلے دو (تجاذب اور الیکٹرونیوکلیائی)، پھر تین (تجاذب، الیکٹرو ویک اور قومی نیوکلیائی)، اور بالآخر چار قوتوں (تجاذبی، برقناطیسی، کمزور نیوکلیائی، قوی نیوکلیائی) میں تقسیم ہو جاتی ہے۔ یہ حقیقت ہے کہ عبور بہت اونچے درجہ حرارت پر (جو 300 پروٹون کمیت سے 10^{20} پروٹون کمیت تک پھیلے ہوئے ہیں) ہوتے ہیں۔ اور یہ حقیقت کہ 10^{6} پروٹون کمیت سے اونچے درجہ حرارت کو انسانوں کی بنائی ہوئی مشینوں سے حاصل کرنے کا کوئی امکان نہیں۔ ابتدائی کائنات اور کونیات کو تجربی ذراتی طبیعیات دانوں کے لیے ایک دلچسپ اور پرکشش مضمون بنا دیا ہے۔ چونکہ ابتدائی کائنات ایک طرح کی تجربہ گاہ ہے جس میں ہمارے نظریات کو (بالواسطہ طور پر ٹیسٹ کیا جا سکے گا۔ (ابتدائی عظیم درجہ حرارت کے عہدوں کی باقیات کو کھوج لگا کر جو ابھی تک بچی ہوئی ہیں۔)

''کونیات کے تین عہدوں میں امتیاز کیا جا سکتا ہے''

(الف) سب سے قریب ترین عہد جو عظیم دھماکے تقریباً 10^{12} سیکنڈ (105 سال) کے بعد پینز یاس۔ ولسن اشعاع کے ساتھ شروع ہوا اور جو عظیم دھماکے کے 10^{18} سیکنڈ کے بعد بھی ابھی تک جاری ہے۔ یہ عہد عظیم پیمانے کی مادی ساختوں کا عہد ہے جس کے دوران کہکشائیں اور ان کے جھرمٹ ارتقائی عمل کے نتیجے میں نمودار ہوئے ہیں۔ اس عہد کی طبیعیات سے تو ہم بخوبی واقف ہیں لیکن اس کی فلکی طبیعیات ابھی تک دھندلی سی ہے۔

(ب) دوسرا نام نہاد الیکٹرو ویک تشاکل کے یکدم ٹوٹ جانے سے متعلق ہے۔ اور جو فریڈمان کی تقدیم کے مطابق 10^{-12} سیکنڈ کے قریب شروع ہوا اور جو پینز یاس۔ ولسن اشعاع کے پیدا ہونے تک جاری رہا۔

(ج) تیسرا اور سب سے دور قیاسی عہد ے جو گرم دھماکے کے 10-43 سیکنڈ کے بعد شروع ہو کر 10^{-12} سیکنڈ تک جاری رہا ہوگا۔ اس طویل دور میں دو بعدی رسی نظریات (String Theory) کے مطابق اس چار بعدی مکان و زمان (جسے ہم جانتے ہیں) (۴۳) نے جنم لیا ہوگا۔

اس عہد سے متعلق مسائل وہ ہیں جو کونیاتی مستقل اور مقناطیسی یک قطب کے

مشاہدہ نہ کئے جانے کی وجہ سے پیدا ہوتے ہیں۔

کونیاتی مستقل آئن سٹائن نے عمومی اضافیت میں ایک وافع قوت (کشش تجاذبی قوت کے ساتھ) فراہم کرنے کے لیے متعارف کروایا تھا تاکہ کائنات بحیثیت مجموعی ساکن رہے۔ پھر ہبل(Hubble) نے یہ دریافت کیا کہ کائنات تو دراصل پھیل رہی ہے۔ اس طرح اب کسی کونیاتی مستقل کی ضرورت نہ رہی (آئن سٹائن نے اس مستقل کے تعارف کو اپنی زندگی کی سب سے بڑی غلطی قرار دیا۔)

ہمیں یقین ہے کہ خوردبینی طبیعیات(Microscopic Physics) کے کسی بھی فطری نظریے میں اس مستقل کو صفر کے برابر رکھنے کی اچھی وجوہات ہیں۔ اس قسم کی ایک وجہ حال ہی میں نظریہ گھن سوراخ (Theory of Worm Holes) کے حوالے سے پیش کی گئی ہے۔ یہ گھن سوراخ ہماری کائنات کو کسی اور (بچہ) کائنات سے جوڑ سکتے ہیں۔ یہ عظیم دھماکے کے 10^{-13} سیکنڈ کے بعد کے قیاسی عہد کا حصہ ہے۔

اسی عہد میں کائنات کے پھیلاؤ کا وہ قیاسی افراطی فیز (Speculative Inflationary Phase) بھی شامل ہوا جس کی بدولت مقناطیسی یک قطبوں کی کثافت گھٹ کر حال کی قیمتوں(Values) پر آ گئی ہے۔ اس فیز میں کائنات کے حجم میں بے پناہ اضافہ ہوا ہوگا اور جس کی وجہ سے مادے اور توانائی کی اوسط کثافت بے حد گھٹ گئی ہوگی۔ (ڈیراک نے ابتداء میں اس قسم کے یک قطب برق اور مقناطیسیت کے درمیان مکمل تشاکل فراہم کرنے کے لئے متعارف کروائے تھے۔ اب یہ کسی بھی اچھے عظیم متحدہ نظریے کا لازمی جزو ہیں۔)

غیر ایکسی لیٹر، تجربات اور کونیات“

ذراتی طبیعیات اور کونیات میں بہت سے ایسے مخمصے ہیں جن کے حل کرنے کے لئے ایسے تجربات کرنے ضروری ہیں جہاں ایکسی لیٹروں کی ضرورت نہیں۔ مثال کے طور پر نیوٹینوؤں کے اہتزاز (Neutrino's Oscillation) مثلاً ν_l, ν_μ, ν_e ایک دوسرے میں تبدیل ہو جاتے ہیں اور ہوتے ہیں تو کن فاصلوں میں؟ کیا سیاہ مادہ (Dark Matter) (۴۳) جو ہماری دوربینوں کو برقناطیسی طور پر نظر نہیں آتا اور جو اپنے وجود کا اظہار

صرف کمزور قوت یعنی تجاذبی طور پر کرتا ہے۔ اور جو جدید کونیات دان کے نقطہ نگاہ کے مطابق کائنات کے کل مادے کا تقریباً نوے فیصد حصہ ہے۔ کیا ہر جگہ موجود نیوٹرینو ہی سیاہ مادہ نکالیں گے؟

''تجاذب کا الیکٹرونیوکلیائی قوتوں سے اتحاد''

اب ہم اتحاد کے لیے اپنی تلاش کے آخری مرحلے پر پہنچتے ہیں۔ کیا تجاذب بھی دوسری قوتوں کے ساتھ متحد ہوتی ہے؟ کیا فیراڈے اور آئن سٹائن کا خواب بالآخر حقیقت کا روپ دھار لے گا۔ اب میں پھر سے نظریات کو پرکھنے کے لیے ڈیراک کے پہلے معیار کی طرف لوٹتا ہوں۔ کیا وجہ تھی کہ تجاذبی قوت کو دوسری قوتوں کے ساتھ متحد کرنے کے خیال کو جلد ہی ترک کر دیا گیا؟ تجاذبی نظریہ میں جیسے ہی اس میں اونچے درجے کی تقویمیں کی جاتی ہیں، بری جلد لامتناہیاں پھنکارنے لگتی ہیں (اگر سپر تجاذبی تصورات کو استعمال میں لایا جائے تو پھر بھی ساری لامتناہیاں غائب نہیں ہوتیں۔)

ڈیراک کے اس مسئلے کا حل بظاہر تو یہ فرض کر کے ڈھونڈ لیا گیا ہے کہ اساسی اکائیاں نکاتی ذرات نہیں بلکہ دو بعدی رسیاں ہیں۔ جو پلانک لمبائی کے متناہی حجم کے حلقے بناتی ہیں۔ یہ رسیاں وائلن کے تاروں کی طرح اہتزاز کرتی ہیں اور جن کے نتیجے میں $0,1\hbar,2\hbar,3\hbar$... پیدا ہوتی ہیں۔ اس نظریہ کی سپر تشاکلی شکل میں عددی سپن کے ساتھ نصف عددی $\hbar/2,3\hbar/2$ سپنیں بھی پیدا ہوتی ہیں۔

اگر اساسی اکائیاں نکاتی ذرات کے برعکس بہت ہی چھوٹی رسیوں کے طور پر نمودار ہوں تو طبیعیات کا پورا انداز فکر ہی بدل جائے گا۔ اس کے لیے جو ریاضی ضروری ہے وہ دو بعدی ری مان سطحوں (Two-Dimensional Riemann Surfaces) کی ریاضی ہے۔ چار بعدی زمان و مکان ثانوی تصورات کے طور پر نمودار ہوتے ہیں۔ یہ رسی نظریہ کو چند طبعی لوازمات پورے کرنا ہونگے۔

(الف) ماخذ ذرات (کوارک اور لیپٹونز) بشمول رسائوں کے (جیسے گلوادن، فوٹون Z^0 $W^{\pm}$) بشمول سٹینڈرڈ ماڈل کے ہگز ذرات اسی کے فریم ورک میں سے نکلنے چاہئیں۔

(ب) اسے ایک ہندی نظریہ ہونا چاہئے چونکہ اسے آئن سٹائن کے تجاذبی نظریہ کو لازمی حصہ کے طور پر شامل کرنا ہوگا۔

(ج) اسے تجاذب کو بغیر کسی لامتناہی کے بیان کرنا پڑے گا۔

ان تینوں شرائط کا پورا کرنا ایک معجزہ ہوگا۔ لیکن لگتا ہے کہ یہ معجزہ اب ایک دس بعدی مکان و زمان میں وقوع پذیر ہو رہا ہے جس میں ایک نادر سپر رسی نظریہ (Uniqe Superstring Theory)، گرین(Green)اور شوارز (Schwarz) کے ۱۹۸۴ء کے کام سے جنم لے رہا ہے۔ اہم نکتہ یہ ہے کہ آئن سٹائن کا نظریہ تجاذب اسی نظریہ کی ایک مخصوص ذیلی اکائی کے طور پر نمودار ہوتا ہے۔ یہ سب گلاشو کے سانپ خود اپنی پونچھ نگل رہا

ہے(شکل ۱۱)۔ دوسرے الفاظ میں پلانک پیمانہ (10^{-33} سم) پر خوردبینی طبیعیات کبیر بینی طبیعیات (کائناتی حجم 10^{28} سم) سے جو آئن سٹائن کے نظریہ تجاذب سے بیان ہوئی ہے، مل رہی ہے۔ میرے نزدیک تو قطعی یہ اتحاد ہے۔ (گلاشو نے عرصہ قبل سے سانپ بنایا تھا گو وہ خود اسی نظریہ کے بارے میں مشکوک تھا!)

اس منفرد رسی نظریہ سے جو سود مند مکان و زمان نمودار ہوتا ہے، وہ جیسا کہ میں نے پہلے بیان کیا تھا، دس بعدی ہے۔ اس کے چھ بعدوں کی کلاوزا۔ کلائن قسم کی سکڑاہٹ (Compactification) کی وجہ سے ہمیں حقیقی چار بعدی مکان و زمان پر اترنا پڑے گا۔ اس کے ساتھ ہی ہمیں 10^{20} پروٹون کیت کی پلانک کیت سے نیچے کی طرف 10^{2} پروٹون کیت جو Wاور Z ذرات کی کمیتوں کی نمائندہ ہیں، کی طرف آنا پڑے گا۔

بدقسمتی سے دس بعدوں میں جس یکتائی نے رسی نظریات کو اتنا پرکشش بنایا تھا وہ

چار بعدوں میں برقرار نہیں رہتی۔ دس لاکھ سے بھی زیادہ نظریات (سکڑاہٹ کے بعد) ایسے ہیں جو بظاہر ایک سے کامیاب لگتے ہیں۔ یہ ان بہت سے مخمصوں میں سے ایک ہے جو اس نظریہ کو اس وقت درپیش ہیں۔ بشمول اس بنیادی تجربی مخمصے کے کہ پلانک توانائی والا کولائیڈر جس کا طول دس نوری سال ہوگا) کس طرح تعمیر کیا جائے۔

کیا رسیاں حقیقت میں ہر شے کا نظریہ (TOE) ہوسکتی ہیں۔ کیا وہ تمام دریافت شدہ ماخذی ذرات، کوارک اور لیپٹون بشمول معلوم پیغام رسانوں کے اور ہگز کے اور ان کے تمام باہمی تعاملوں کی توجیہہ کرسکتی ہے؟ اگر ایسا ہے تو کیا وہ فطرت کی اساسی قوتوں کو متحد کرنے کی کوششوں کی اشیاء کی نمائندگی ہوگی؟ یہ سوالات وہ ہیں جن کا جواب صرف وقت ہی دے گا۔

7. Envoi

I Would like to leave you with my final thought echoing the words of one of our greatest books:

"Though all the trees on Earth were pens and the Sea was ink,
Seven Seas after it to replenish it,

Yet the Words of thy Lord would not be spent;
Thy Lord is Mighty and All wise."

''زمیں میں جتنے درخت ہیں اگر وہ سب کے سب قلم بن جائیں اور سمندر (دوات بن جائے) جسے مزید سمندر روشنائی مہیا کریں تب بھی اللہ کی باتیں (لکھنے سے) ختم نہ ہوں گی۔ بے شک اللہ زبردست اور حکیم ہے۔''

فٹ نوٹ:

(۱) جینوا سوئٹزر لینڈ میں نیوکلیائی اور ذراتی طبیعیات کا یورپی مرکز

(۲) ایف جے ڈائی سن نے اپنی حالیہ خوبصورت کتاب "لامتناہی ہر سمت میں" (ہارپر اور روکورنیلیا اور میخائل بیسی بکس، ۱۹۸۸ء) نے ڈیراک کے اس دوسرے خیالات کو کچھ اس طرح بیان کیا ہے:

"اب یہ تو عمومی طور پر درست ہے کہ ہر شاخ کے عظیم ترین سائنس دان نظریات کو یکجا کرنے والے ہوئے ہیں۔ طبیعیات کے میدان میں تو یہ خصوصی طور پر درست ہے۔ نیوٹن اور آئن سٹائن تو یکجا کرنے والوں میں اعلیٰ ترین ہیں۔ طبیعیات میں اعلیٰ ترین معرکہ یکجائیت کے ضمن میں کامیابیاں رہی ہیں۔ ہم بلاشبہ یہ یقین رکھتے ہیں کہ طبیعیات کی ترقی کی راہ وہی ہے جس پر چلتے ہوئے ہم مختلف النواع نظریات کو یکجا کرتے ہوئے زیادہ سے زیادہ مظاہر کو معدودے چند اساسی نظریات کی مدد سے بیان کرنے میں کامیاب ہوں گے۔ آئن سٹائن کو یکجائیت کی اس راہ کی صداقت پر اتنا ایمان تھا کہ اپنی زندگی کے آخری سالوں میں اس نے تجربی دریافتوں میں دلچسپی لینی بالکل چھوڑ دی تھی۔ حالانکہ ان دریافتوں نے طبیعیات کی نیا کو پیچیدہ تر بنا دیا تھا۔ طبیعیات دانوں میں یکجائیت کے خلاف سنجیدہ آواز اٹھانے والا مشکل ہی سے ملے گا۔"

(۳) یہ ان مسائل میں سے ایک ہے جس پر قرون وسطیٰ کے مفکرین غور وفکر کرتے رہے ہیں۔ ظاہر ہے کہ اگر بنیادی قوانین کا انحصار اس امر پر ہو کہ مشاہد کائنات میں کہاں واقع ہے یا مشاہدات کہاں کیے جا رہے ہیں تو پھر کائناتی سائنس ممکن

نہ ہوگی۔

(۴)

$$G=6.670\times10^{-11}Nm^3\ kg^{-2}$$

ہم دیکھیں گے کہ جب پلانک اکائیاں استعمال کی جائیں تو یہ عدد گھٹ کر $10^{-40}(m_p)^{-2}$ رہ جاتا ہے۔ ان لوگوں کے لئے جو 10 کے قوہ میں سوچنا دشوار پاتے ہیں۔ ذیل کی جدول مفید ہوگی۔

ایک ہزار=	10^3	ہزاروں حصہ=	10^{-3}
ایک ملین=	10^6	دس لاکھواں حصہ=	10^{-6}
ایک بلین=	10^9	(اربواں) سو کروڑواں حصہ=	10^{-9}
ایک ٹریلین=	10^{12}	ایک ٹریلین واں حصہ=	10^{-12}

(۵) اپنے اس لیکچر میں میں کمیت اور توانائی کے الفاظ کو ایک دوسرے کے لیے استعمال کروں گا۔ مثال کے طور پر $E=mc^2$ کے فارمولے میں ہم فاصلے اور قوت کی ایسی اکائیاں چنتے ہیں جس میں روشنی کی رفتار c=1 ہو۔

(۶) آئن سٹائن کے نظریہ نے کامیابی سے اس چھوٹے سے فرق کو بیان کر دیا تھا جو نیوٹن کے نظریہ میں پائی گئی تھی (یہ فرق سیارہ عطارد کے مدار کے تعین میں دریافت ہوا تھا)۔ اس کامیابی نے آئن سٹائن کے نظریہ اضافیت کی قبولیت میں فیصلہ کن کردار ادا کیا۔

(۷) ایک سال= 3×10^7 سیکنڈ

(۸) جب کوئی گیس پھیلتی ہے تو ٹھنڈی ہو جاتی ہے۔ اسی طرح پھیلتی کائنات بھی ٹھنڈی ہو جاتی ہے۔

(۹) پلانک طول تمام چار معلوم اساسی قوتوں کے اتحاد کی تلاش کے ضمن میں بہت ہی اہم تصور ہے۔ پلانک ''طول'' اس طول پیمانہ سے متعلق ہے جس پر تجاذب کو اٹم میکانکی انداز میں دیکھنا لازمی ہو جاتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں یہ وہ پیمانہ ہے جس پر تمام قوتیں قوی، کمزور، برقی مقناطیسی اور تجاذبی یکجا ہو جائیں گی۔ اتنے

چھوٹے فاصلوں کے ساتھ تجربات کرنے کے لیے بہت اونچے پیمانے کی توانائی کی ضرورت ہے۔ ان خفیف فاصلوں کی چھان بین کے لیے جو "پلانک" توانائی درکار ہے وہ پروٹونوں کی مشترکہ کیت کے برابر ہے۔

(۱۰) دوسرے الفاظ میں پلانک طول وہ فاصلہ ہے جس پر دو پروٹونوں کے درمیان تجاذبی قوت، دو پروٹونوں کے مابین برقی قوت کے مساوی ہو جائے۔

(۱۱) جرمن لیبارٹری ڈیزی(DESY) میں کیئے جانے والے تجربات کوارک کے حجموں کا تعین کرنے کی کوشش کریں گے۔ ان تجربات میں الیکٹرونوں کو الیکٹرونوں سے ٹکرایا جائے گا۔ تقریباً اسی طریقے سے جیسے کہ رتھرفورڈ کے تجربے میں کیا گیا تھا۔

(۱۲) نیوٹرینو ذرہ کی کیت، بہت خفیف بلکہ شاید صفر ہے۔ ان کی قطعی قوت ابھی تک متعین نہیں کی جا سکی ہے۔

(۱۳) اگلے سیکشن میں بائیں ہاتھوں والے ذرات کی تعبیر کی جائے گی۔

(۱۴) ایک ہی فطری سپن کے ایسے ذرات جن میں کچھ کی کیت صفر ہو اور باقی کی نہیں، میں امتیاز کیا جا سکتا ہے۔ صفر کیت اور سپن۔ ایک والے فوٹون کے دو دست پن $+\hbar$ اور $-\hbar$ ہیں۔ جبکہ کمیتی فوٹون کی سپن تو ایک ہی ہو گی لیکن دست پن اب تین یعنی $+\hbar$، 0 اور $-\hbar$ ہوں گے۔

(۱۵) روایتی طور پر رد ذرہ کو ذرے کے نشان پر ایک لکیر لگا کر لکھا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر اگر p پروٹون کی نشاندہی کرتا ہے تو p اس کے رد ذرے یعنی رد پروٹون کی نمائندگی کرے گا۔ اساسی ذرات کے کسی بھی عمل میں ذرات کو مساوات میں ایک طرف سے دوسری طرف منتقل کیا جا سکتا ہے صرف اس شرط کے ساتھ ذرے کو دوسری طرف رد ذرے سے بدل دیا جائے۔ چنانچہ $p+e \leftrightarrow n+v$ مساوی ہے

$n+e \to p+v,\ e+v \to p+n,\ n+p \to e+v$ یا $n \to p+e+v$

(۱۶) یہاں مفروضہ یہ ہے کہ صرف ایک ذرہ ہی ایک واضح توانائی حالت میں رہ سکتا ہے۔ یہ مفروضہ جو دست پن $\hbar/2$ اور $-\hbar/2$ کے لیے جدا جدا درست ہے،

اس مفروضہ کا حصہ ہے جسے ڈیراک اور فرمی (Fermi) نے اس قسم کی اشیاء کے لیے بطور مسلمہ پہلے پیش کیا تھا۔ (سپن 1/2 ذرات کے مقابلے میں عددی سپن کے حامل ذرات ہیں جو اس سے بھی پہلے بوس (Bose) نے اور ان کے بعد آئن شٹائن نے مطالعہ کیئے تھے۔ اس طرح کے عددی سپن ذرات غول پسند ہیں اور موقعہ ملنے پر بہت سے ایک ہی توانائی حالت میں جمع ہو جاتے ہیں۔ نصف عددی سپن جیسے ....$h/2, 3h/2, 5h/2$ ذرات کو ''فرمی اون'' کہتے ہیں۔ جب کہ عددی سپن ذرات جن کی سپن $0, h, 2h \ldots\ldots$ ہوتی ہے، بوزون (Bosons) کہلاتے ہیں۔ فرمی اون انفرادیت پسند ہیں جبکہ بوزون ایک جگہ جمع ہونے کی ''بھیڑ چال'' اجتماعی جبلت کا اظہار کرتے ہیں۔

(۱۷) نصف عددی سپن ذرات کی اہمیت اجاگر کرنے کی وجہ سے ڈیراک نے نہ صرف طبیعیات بلکہ ریاضی میں بھی ایک انقلاب برپا کر دیا۔ جہاں ایک نیا میدان سپنوریل کیلکولس (Spinorial Calculus) شروع ہوا۔ ان کی وجدانی ریاضیاتی زیرکی نے پہلے بھی اپنا لوہا منوایا ہوا تھا۔ جب انہوں نے ڈیراک ڈیلٹا تفاعل (Dirac-Delta Function) کو متعارف کیا تھا۔ لارنٹ شوارز (Laurent Schwarz) جیسے اعلیٰ ریاضی دان کے ہاتھوں میں ڈیلٹا تفاعل ڈسٹری بیوشن نظریہ (Distribution Theory) میں ایک مکمل نیا موضوع بن گئے ہیں۔

(۱۸) یہ سبق خاص طور سے میرے ذہن میں چپک کے رہ گیا ہے۔ چونکہ شعریت کے لیے عربی لفظ ہی ثقیل ہے۔ ''کش شے عنابی شعری۔''

(۱۹) ابن سینا، البرونی کے ہم عصر تھے۔ وہ سنٹرل ایشیا کے رہنے والے تھے اور عربی اور فارسی دونوں زبانوں میں تصنیف کرتے تھے۔ روسی اسے ''پہلا عظیم سوویت طبیعیات دان'' کے لقب سے پکارتے ہیں۔ چونکہ ان کی جائے پیدائش اب سوویت سنٹرل ایشیا میں واقع ہے (ماسکو یونیورسٹی میں ابن سینا کا مجسمہ ایک فاخرانہ مقام رکھتا ہے۔) ان کی تصنیف ''قانون'' (آئین قوانین طب) سترھویں صدی عیسوی تک یورپ میں پڑھائی جاتی رہی ہے۔

(۲۰) لیپٹونی دکی(Leptonic Doublet)، (V0,e-) کو اساسی فرض کیا جاتا ہے۔ جب کہ دکی (p^+,n^0) مرکب اجسام پر مشتمل ہے جو خود کوارکوں (u,d) سے تشکیل پاتے ہیں۔

(۲۱) کھبا ذرہ ایک 1/2۔سپن ایسی شے ہے جو لٹو کی طرح حرکت کی سمت کے اضافی ردگھڑی وار گھومتی ہو۔

(۲۲) ''گیج قوتوں کو ممتاز کرنے والی بنیادی خاصیت یہ ہے کہ وہ تمام کی تمام سپن۔ ایک والے''پیغام رساں'' کے تبادلے سے پیدا ہوتی ہیں۔

(۲۳) اصول گیج ایسے کائناتی برتاؤ کا اظہار ہے جو گیج قوتوں کی طاقت کو چارج کے تصور سے جوڑتا ہے۔ مثال کے طور پر فوٹون اور ہیلیم نیوکلیس کے درمیان گیج قوت اس قوت سے دوگنا ہے جو فوٹون اور ہائیڈروجن کے نیوکلیس کے درمیان ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ ہیلیم کے نیوکلیس پر برقی چارج ہائیڈروجن نیوکلیس کے برقی چارج سے دوگنا ہوتا ہے۔

(۲۴) پیغام رساں کے تبادلے سے جنم لینے والی قوت کی حد پیغام رساں کی کمیت سکونی کے معکوس متناسب ہوتی ہے۔ ایسی کمزور نیوکلیائی قوت کو جنم دینے کے لئے جس کی حد صرف 10^{-16} سم ہو۔ پیغام رساں کی کمیت 87 پروٹونوں کے برابر ہونا چاہئے۔ برقناطیسی قوت اس لئے طویل حدی ہے چونکہ اس کا پیغام رساں (فوٹون) صفر کمیت سکونی رکھتا ہے۔

(۲۵) تعمیمی گیج قوتوں کے لئے لی(Lie) تشاکلوں کے ریاضیاتی نظریہ کو بیچ میں لانا پڑتا ہے۔ جو ''داخلی'' مکان میں گردش سے متعلق ہیں۔

برقناطیسیت ''لی'' تشاکلوں میں سب سے سادہ تشاکل U(1) پر مبنی ہے۔ دوسرے لی تشاکلوں کو استعمال کر کے زیادہ مفصل گیج نظریات وضع کئے جا سکتے ہیں۔ چنانچہ ایک واحد گیج پیغام رساں (برقناطیسیت کا فوٹون) کے بجائے مساوی کمیت کے کئی گیج پیغام رساں ایک ملٹی پلٹ میں رکھے جا سکتے ہیں۔ ملٹی پلٹ کا حجم متعلقہ ''لی'' تشاکل کی عام تعبیر (Representation) کے حجم پر منحصر ہوگا۔ U(1) کے لئے صرف ایک پیغام رساں ہوگا، SU(3) کے لئے

آٹھ۔ اس کا ایک نتیجہ یہ بھی ہے کہ تمام گیج ذرات کی کمیت صفر ہونی چاہئے (اس موقع پر میں اپنے عزیز دوست سرہیری ہنسلی سے معذرت کرنا چاہوں گا۔)

گیج پیغام رسانوں کی ایک ٹکی، تین بعدوں میں گردش تشاکل کی ریگولر تعبیر سے متعلق ہوگی۔

(۲۶) آخری تشاکل جس کا اظہار باہم ملنے سے پہلے یہ چار ذرات کر رہے تھے، وہ SU(2)xU(1) تھا۔ جبکہ SU(2) (W^+, W^-, Z_0) گیج ذرات کی ٹکی کو جنم دیتا ہے اور U(1) گاما کی اکی کو جنم دیتا ہے۔

(۲۷) ترتیب ممکنہ تشاکلی حالتوں کے مابین چننے کا عمل ہے۔ تشاکل بمقابلہ ترتیب کی سادہ ترین مثال ایک دائروی کھانے کی میز ہے، ویسے ملک میں جہاں کھانے پینے کے آداب یکساں طور پر معیاری نہ ہوں۔ میز پر ہر مہمان کے لیے ایک نیپکن اور روٹی کا ایک ٹکڑا تشاکلی فیشن میں رکھا جاتا ہے۔

مہمان بیٹھ جاتے ہیں اور کن انکھیوں سے اپنے پڑوسیوں کو دیکھ کر یہ معلوم کرنے کی کوشش کرتے ہیں کہ کون سا نیپکن اٹھائیں جو تشاکلی انداز میں ان کے دائیں بائیں رکھے گئے ہیں۔ یکدم مہمانوں میں سے ایک ہمت کر کے اپنا نیپکن اٹھا لیتا (یا لیتی) ہے اور اسی لمحے (روشنی کی رفتار سے) میز کے گرد ایک ترتیب نمودار ہو جاتی ہے۔ ایک گیج فیلڈ نظریہ میں ترتیب وہ حالت ہے جب W^+, W^- اور Z^0 اپنی کمیتیں حاصل کرتے ہیں۔۔۔ ہگز ذرات کے وجود کے مفروضے کو شامل کرنے سے قائم ہوتی ہے۔ چونکہ یہ ان ذرات کے مابین تعامل کے تخصیصی پیرامیٹروں (Parameters) کا تعین کرتی ہے۔

(۲۸) ہگز میکنزم (Z^0 اور Υ کی آمیزش کے ساتھ) کے ساتھ ہی پتہ چلتا ہے کہ W^+ اور W^- کی کمیتیں 87 پروٹونوں کی کمیتوں کے برابر ہونا چاہئیں جب کہ Z_0 کی کمیت 97 پروٹونوں کی کمیت کے مساوی ہونا چاہئے۔

(۲۹) پیٹر ہگز (Peter Higgs) ایک سکاٹ لینڈ کا طبیعیات دان ہے۔ جس نے ۱۹۶۳ء میں تشاکل کے یکدم ٹوٹنے کا میکنزم تجویز کیا تھا۔ جس کی وجہ سے صفر کمیتی پیغام رسانوں کو کمیت اور صفر ہیلی سیٹاں مل جاتی ہیں۔ خود ہگز نے اپنے

ان خیالات کے لئے الیکٹرو ویک نظریہ کا استعمال نہیں کیا۔ (بدقسمتی سے $W^{\pm}$ اور Z^0 کے کیس کے برعکس فعال ہگز ذرہ کی کمیت کے بارے میں پیشن گوئی نہیں کی جاسکتی۔)

(۳۰) درجہ حرارت کی تخصیص کرنے کے لیے میں ایسی اکائیوں کا سیٹ استعمال کر رہا ہوں جس میں درجہ حرارت کمیتوں کی شکل میں ناپا جاتا ہے۔ اگر میں ڈگری کا پیمانہ استعمال کروں تو ایک پروٹون کمیت کا درجہ حرارت 10^{13} ڈگری سنٹی گریڈ کو بیان کرے گا۔ اس طرح ڈگریوں میں بحرانی درجہ حرارت (300 پروٹون کمیت درجہ حرارت) $3x10^{15}$ ڈگری گریڈ کے مساوی ہوگا۔ اس سے اونچے درجہ حرارت پر یا باالفاظ دیگر 10^{-12} سیکنڈ سے پہلے تشاکل دوبارہ قائم ہو جائے گا اور $W^{\pm}$ اور Z^0 پھر سے صفر کمیتی ہو جائیں گے۔

(۳۱) یہ صرف W^+, W^- کے تبادلے کے کیس کی وجہ سے نہیں ہے جہاں، مثال کے طور پر تعامل $n+e^+, \rightarrow p+v$ میں ابتدائی ذرات آخری سیٹ کے ساتھ ایک جیسے نہیں ہوتے اگرچہ پہلے اور بعد میں کل چارج ایک جیسا ہوتا ہے یعنی کہ ایک یونٹ۔

(۳۲) ۱۹ جنوری ۱۹۸۴ء کا رسالہ ''نیو سائنٹسٹ''

(۳۳) اس استدلال کی نوک پلک سنوارنے کے لیے اور بھی کافی ضرورت ہے۔

(۳۴) تین رنگوں کے لئے یہ تشاکل SU(3) ہوگی جس کے آٹھ گیج اجسام (اس کی اپنی ''ریگولر'' سپن۔ ایک تعبیر یاری پریزنٹیشن میں) ہوں گے۔

(۳۵) ہمارا خیال ہے کہ کوارکوں کے علاوہ گلوادن بھی بلکہ حقیقت میں تو تمام رنگ دار اجسام مثلاً پروٹونوں اور نیوٹرونوں میں پابند رہتے ہیں۔ مستقلاً پابندی یا قید ایک تجربی حقیقت ہے اور اسے نظری طور پر ابھی پوری طرح نہیں سمجھا جا سکا ہے۔

(۳۶) سٹینڈرڈ ماڈل گیج تشاکل SU(3)xSU(2)xU(1) سے تعلق رکھتا ہے۔

(۳۷) حالیہ عشروں میں ''ذراتی طبیعیات میں ہونے والی دریافتوں نے ہمیں ٹوٹنے والے تشاکل کے تصور کو اہمیت دینے پر مجبور کر دیا ہے۔ کائنات کی ابتداء سے اب تک کے ارتقاء کو تشاکل ٹوٹنے کے سلسلے کے طور پر سمجھا جاتا ہے۔ جب

کائنات عظیم دھماکہ سے اپنے لحاتی جنم سے نمودار ہوتی ہے تو یہ مکمل طور پر متشاکل ہوتی ہے۔ اور اس میں کوئی فیچر نہیں ہوتا۔ جیسے یہ ٹھنڈی ہو کر نچلے درجہ حرارت پر پہنچتی ہے تو ایک کے بعد ایک تشاکل کو توڑتی ہے۔ جس کی وجہ سے مختلف النواع ساختیں جنم لیتی ہیں۔ زندگی کا مظہر بھی اس تصویر میں خوبصورتی سے فٹ ہوتا ہے۔ ''زیست'' خود بھی تشاکل کا ٹوٹنا ہے۔'' (الف جے ڈائی سن ''لامتناہیاں ہر سمت میں'' ہار پر اور روکورٹیلیا اور میخائل بیسی بکس ۱۹۸۸ء)

(۳۸) یہ نظریہ ۱۹۷۲ء میں (اور ایک ذرا مختلف شکل میں ۱۹۷۴ء کو پیش کیا گیا تھا) پیش کیا گیا۔ جوگیش پاتی (Jogesh Pati) اور میں نے اس قوت کو ''الیکٹرو نیوکلیائی قوت'' کا نام دیا تھا۔ اس قوت میں کمزور نیوکلیائی قوت کے ساتھ برقناطیسی اور قومی نیوکلیائی قوتیں بھی یکجا کر دی گئی ہیں۔ اس قسم کی ایک اور سکیم کو شیلڈن گلاشاؤ اور ہووارڈ جیورجی (Howard Georgi) نے عظیم متحدہ قوت کا ''عظیم'' نام دیا ہے۔ میرے خیال میں تو یہ نام آخری نظریہ (ہر شے کا نظریہ) کے لئے زیادہ موزوں ہے، چونکہ اس میں تجاذب کو بھی الیکٹرو نیوکلیائی قوت کے ساتھ ہی یکجا کر دیا گیا تھا۔

(۳۹) اگر ہم اس کا موازنہ کائنات کی موجودہ عمر سے کریں جو محض ۱۵ ارب سال ہے تو پھر پروٹون کی نصف عمر بہت طویل ہے۔

(۴۰) SSC پروگرام امریکی حکومت نے اب منسوخ کر دیا ہے۔

(۴۱) سوویت یونین کے ٹوٹنے کے بعد اس مشین کی تجویز بھی سرد خانے میں ڈال دی گئی ہے۔

(۴۲) اگر کولائڈر کی توانائی ایک یونٹ ہے اور اس کے لیے مطلوبہ سرتمائی توانائی 2 ہو تو کولائڈر کی توانائی کو دوگنا کرنے کے لیے سرتمائی توانائی کو 2 سے بڑھا کر $16=2x2x2x2$ کرنا ہوگا۔

(۴۳) نظری طبیعیات دانوں کو یہ عہد بہت مرغوب ہے چونکہ اس کے بارے میں وہ جی بھر کر قیاس آرائیاں کر سکتے ہیں۔